

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Predrag Čosić

Student:

Marko Rašić

Zagreb, 2014.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Marko Rašić**

Mat. br.: 0035183846

Naslov rada na
hrvatskom jeziku:

Primjena koncepta održive proizvodnje u procesu cinčanja

Naslov rada na
engleskom jeziku:

**Implementation of the Sustainable Manufacturing in Process of Zn
Coating**

Opis zadatka:

Kratak opis pogona "Dalekovoda" za cinčanje u Dugom Selu. Opisati proces cinčanja s glavnim utjecajnim faktorima. Dati prikaz koncepta održive proizvodnje s različitih aspekata (društveni, ekonomski, ekološki). Objasniti značaj IPPC Directive 96/61/EC. Objasniti način proračuna emisije štetnih tvari. Na primjeru cinčanja pokazati način korištenja LCA metode za procjenu emisije štetnih tvari.

Zadatak zadan:

11. studenog 2013.

Zadatak zadao:

Prof.dr.sc. Predrag Čosić

Rok predaje rada:

1. rok: 21. veljače 2014.

2. rok: 12. rujna 2014.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 3., 4. i 5. ožujka 2014.

2. rok: 22., 23. i 24. rujna 2014.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Zoran Kunica

SAŽETAK

Ovim radom prikazan je utjecaj procesa cinčanja na okoliš, odnosno prikazana je mogućnost primjene koncepta održive proizvodnje na procesu cinčanja. Objašnjeni su pojmovi održivog razvoja i industrijske ekologije, te je kroz njih dan prikaz najboljih koncepata i alata kojima se može smanjiti utjecaj industrije na okoliš, te doprinijeti održivosti naše planete.

Nadalje, uz kratak pregled ideja i koncepta ekološke proizvodnje, rad detaljno opisuje primjenu LCA (*Life Cycle Assessment*) analize kao analitičkog "alata" i tehnike za utvrđivanje i procjenu ukupnog djelovanja proizvoda na okoliš tijekom izrade, korištenja i odlaganja proizvoda. Osim toga, dan je i pregled programskih sustava (softvera) koji se primjenjuju u okviru procjenjivanja životnog ciklusa proizvoda i procesa na bazi dostupnih podataka.

U skladu sa zadatkom rada, na kraju je na konkretnom primjeru cinčanja pokazan način korištenja LCA metode uz pomoć SimaPro7.3.3 računalnog softvera, te su na osnovu dobivenih informacija izvedeni odgovarajući zaključci.

IZJAVA:

Ovim izjavljujem da sam završni rad samostalno radio koristeći znanja stečena tokom školovanja, te korištenjem navedene literature.

Marko Rašić

ZAHVALE

Zahvaljujem svom mentoru, prof. dr. sc. Predragu Ćosiću, na pruženoj pomoći, strpljenju, te korisnim savjetima i informacijama potrebnim za izradu ovog rada.

Također zahvaljujem i tvrtki DALEKOVOD d.d. i njezinim zaposlenicima, mr. sc. Željku Lekšiću - predsjednik uprave, mr. sc. Ivići Klasanu, dipl. inž. - direktor Dalekovod-Cinčaonice d.o.o., te posebno gospodinu Milanu Boromisi, dipl. ing. strojarstva - voditelj odjela kontrole kvalitete, na pruženim informacijama i materijalima koji su olakšali izradu ovog rada.

SADRŽAJ:

ZADATAK	II
SAŽETAK	III
IZJAVA:	IV
ZAHVALE.....	V
SADRŽAJ:	VI
POPIS SLIKA:	VIII
POPIS TABLICA:	X
POPIS STRANIH POJMOVA:	XI
 1. UVOD	 1
2. DALEKOVOD	2
2.1 Temeljna djelatnost, misija i vizija	2
2.2 Povijest [1]	2
2.3 Organizacijska struktura	3
2.4 Pogon za cinčanje - (Dalekovod-Cinčaonica d.o.o).....	4
2.5 Proizvodni asortiman	5
3. ZAŠTITA MATERIJALA I TEHNOLOGIJA ZAŠTITE MATERIJALA	6
3.1 O koroziji	6
3.2 Metode površinske zaštite.....	7
3.3 Vruće pocinčavanje [3]	8
3.3.1 Izgled, struktura i osobine cinkove prevlake.....	11
3.3.2 Čimbenici koji utječu na kvalitetu cinkove prevlake	12
4. ODRŽIVI RAZVOJ	14
4.1 Uvodna napomena [6].....	14
4.2 Ideja održivog razvoja [7], [8]	14
4.3 Karakteristike koncepta održivog razvoja [6], [8]	16
5. EKOLOGIJA U PROIZVODNJI - ODRŽIVA PROIZVODNJA	19
5.1 Industrijska ekologija [10], [11].....	20
5.2 Ekološki pristup proizvodnji [12]	22
5.3 Alati i koncepti.....	23
5.3.1 Čistija proizvodnja [7], [13].....	23
5.3.2 Dizajn prihvatljiv za okoliš [7]	25
5.3.3 Ekodjelotvornost	26
5.3.4 Ekološki otisak [7]	27

6. LCA - PROCJENA UTJECAJA ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA NA OKOLIŠ	29
6.1 Uvod.....	29
6.2 Povijesni razvoj LCA metode [4], [14], [15]	30
6.3 LCA u skladu sa serijom standarda ISO 14000 [16].....	31
6.4 Zašto koristiti LCA metodu? [4], [14]	32
6.5 Osnovna obilježja i principi LCA metode [16].....	32
6.6 Faze LCA metode [15], [17]	34
6.6.1 Definiranje svrhe i opsega provedbe LCA analize	34
6.6.2 Faza popisivanja i analiziranja relevantnih podataka.....	35
6.6.3 Određivanje utjecaja na okoliš - LCIA	37
6.6.4 Interpretacija rezultata [15], [17]	39
6.7 Ograničenja LCA metode [18].....	40
7. RAČUNALNE APLIKACIJE KOJE SE KORISTE U OKVIRU LCA.....	41
7.1 SimaPro računalna aplikacija [16], [19]	41
7.2 Princip rada SimaPro računalne aplikacije	43
8. LCA ANALIZA NA PRIMJERU CINCANJA SIGURNOSNE OGRADE	46
8.1 Definiranje svrhe i opsega provedbe LCA analize	48
8.1.1 Svrha analize	48
8.1.2 Opseg analize	48
8.1.3 Unos ulaznih podataka u računalnu aplikaciju SimaPro	49
8.2 Faza popisivanja i analiziranja relevantnih podataka - LCI ("Inventory")	51
8.3 Određivanje utjecaja na okoliš - LCIA	53
8.3.1 Klasifikacija	54
8.3.2 Karakterizacija	55
8.3.3 Normiranje utjecaja na okoliš	56
8.3.4 Mjerenje jačine utjecaja na okoliš - "weighting"	57
8.4 Interpretacija rezultata	57
9. ZAKLJUČAK	60
LITERATURA:	61
PRILOZI.....	63
PRILOG I - Metoda "Eco-indicator 99" [20], [23]	64
PRILOG II - Faza karakterizacije na primjeru LCA analize sigurnosne ograde	66

POPIS SLIKA:**Poglavlje II**

Slika 2.1 Organizacijska struktura tvrtke Dalekovod d.d.	3
---	---

Poglavlje III

Slika 3.1 Različiti oblici korozije.....	7
Slika 3.2 Povezivanje dizajna i konstrukcije sa zaštitom od korozije.....	8
Slika 3.3 Shema vrućeg cinčanja	9
Slika 3.4 Mikrografska fotografija presjeka cinkove prevlake izvedene postupkom vrućeg cinčanja	11
Slika 3.5 Minimalna debljina prevlake cinka prema HRN EN ISO 1461.....	12
Slika 3.6 Debljina prevlake cinka u zavisnosti o postotku silicija (krivulja Sandelin područja)	13

Poglavlje IV

Slika 4.1 Prikaz koncepta održivosti kao mogućeg rješenja konflikta.....	15
Slika 4.2 Prikaz sustava vrednota kao mogućeg rješenja konflikta	15
Slika 4.3 Osnovne komponente održivog razvoja.....	16

Poglavlje V

Slika 5.1 Razvoj načina proizvodnje.....	19
Slika 5.2 Proizvodni sustav tipa I.....	20
Slika 5.3 Proizvodni sustav tipa II	21
Slika 5.4 Proizvodni sustav tipa III.....	21
Slika 5.5 Prikaz sastavnica čistije proizvodnje	24
Slika 5.6 Kriterij za stvaranje proizvoda prema konceptu ekodjelotvornosti	26
Slika 5.7 Prikaz ekološkog otiska do 2005. godine, te scenariji od 2005. do 2050. godine	27

Poglavlje VI

Slika 6.1 Prikaz životnog ciklusa materijala	29
Slika 6.2 Prikaz modela LCA analize u okviru ISO serija normi 14040	31
Slika 6.3 Granice industrijskog sustava (prema SETAC).....	33
Slika 6.4 Faza analiziranja i popisivanja relevantnih podataka	35
Slika 6.5 LCIA faza	37
Slika 6.6 Određivanje utjecaja na okoliš.....	38

Poglavlje VII

Slika 7.1 Izrada procesnog stabla u SimaPro aplikaciji	42
Slika 7.2 Shematski prikaz principa rada SimaPro aplikacije.....	43
Slika 7.3 Objedinjena područja djelatnosti u stvaranju "Ecoinvent" baze podataka.....	45

Poglavlje VIII

Slika 8.1 Pocinčana sigurnosna ograda.....	46
Slika 8.2 Opći shematski prikaz faza u životnom ciklusu proizvoda.....	46
Slika 8.3 Shematski prikaz faza u životnom ciklusu sigurnosne ograde	47
Slika 8.4 Unos ulaznih podataka za provedbu LCA analize procesa cinčanja sigurnosne ograde	50
Slika 8.5 Stablo procesa za cinčanje sigurnosne ograde	51
Slika 8.6 Kvantificiranje potrošnje sirovina i energije.....	52
Slika 8.7 Kvantificiranje emisije štetnih tvari u okoliš.....	53
Slika 8.8 Kategorije utjecaja na okoliš koje će biti razmatrane	54
Slika 8.9 Karakterizacija u kategoriji uništavanja ozonskog omotača.....	55
Slika 8.10 Karakterizacija u kategoriji zakiseljavanje okoline (acidifikacija).....	55
Slika 8.11 Prikaz rezultata faze normiranja za proces cinčanja sigurnosne ograde	56
Slika 8.12 Prikaz rezultata faze mjerenje jačine utjecaja na okoliš za proces cinčanja	57
Slika 8.13 Udio u ukupnom onečišćenju okoline pojedinih podprocesa razmatranog procesa cinčanja	58

POPIS SLIKA U PRILOZIMA

Prilog II

Slika PII-1 Karakterizacija u kategoriji ekotoksičnost.....	66
Slika PII-2 Karakterizacija u kategoriji fosilna goriva	66
Slika PII-3 Karakterizacija u kategoriji minerali	67
Slika PII-4 Karakterizacija u kategoriji zagađivanje tla	67
Slika PII-5 Karakterizacija u kategoriji opasni otpad (karcinogene tvari).....	68
Slika PII-6 Karakterizacija u kategoriji zagađivanje zraka anorganskim tvarima	68
Slika PII-7 Karakterizacija u kategoriji klimatske promjene	69
Slika PII-8 Karakterizacija u kategoriji radioaktivnost.....	69
Slika PII-9 Karakterizacija u kategoriji zagađivanje zraka organskim tvarima.....	70

POPIS TABLICA:

Poglavlje II

Tablica 2.1 Dio proizvodnog asortimana i usluga tvrtke Dalekovod..... 5

Poglavlje IV

Tablica 4.1 Usporedba održivog i neodrživog razvoja 17

POPIS STRANIH POJMOVA:

C

Cleaner production – čistija proizvodnja

E

Eco-design – eko konstruiranje, dizajn prihvatljiv za okoliš

Eco-efficiency – eko efikasnost, ekodjelotvornost

Eco-label – eko oznaka

Eco-labeling – eko označavanje

Ecological footprint – ekološki otisak

Embodied energy, EE – ukupna energija

End-of-pipe – obrada i zbrinjavanje otpada nakon što je već stvoren

Environmental Assessment, EA – procjena okolišnih parametara

Environmental Management System, EMS – sustav upravljanja okolišem

Extended product responsibility, EPR – proširena proizvodna odgovornost

G

Goal and scope definition – svrha i opseg provedbe LCA analize

Global Warming Potential, GWP – potencijal globalnog zagrijavanja

I

Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC – integrirani pristup prevenciji i kontroli onečišćenja

L

Land degradation – degradacija tla

Life Cycle Assessment, LCA – procjena životnog ciklusa proizvoda

Life Cycle Costs, LCC – troškovi životnog ciklusa proizvoda

Life Cycle Impact Assessment, LCIA – određivanje utjecaja proizvoda na okoliš

Life Cycle Interpretation, LCI – faza interpretacije rezultata u LCA analizi

Life Cycle Inventory analysis, LCI – faza popisivanja i analize relevantnih podataka u LCA metodi

Life Cycle Management, LCM – upravljanje životnim ciklusom proizvoda

M

Material Input Per unit of Service, MIPS – mjerenje intenziteta materijala i energije u nastanku proizvoda ili usluge

O

Ozone Depletion Potentials, ODP – oštećivanje ozonskog omotača

S

Sensitivity analysis – procjena neizvjesnosti i osjetljivosti

U

United Nations Environment Programme, UNEP – program Ujedinjenih naroda za okoliš

W

Weighting – dodjeljivanje težinskih faktora; faza mjerenja jačine utjecaja na okoliš u LCA metodi

World Business Council for Sustainable Development, WBSCD – svjetski poslovni savez za održivi razvoj

Z

Zero emission – koncept nulte emisije

1. UVOD

Okoliš i ljudska civilizacija dva su kompleksna sustava koja koegzistiraju i međusobno djeluju na Zemlji već tisućama godina. Posljedice koje proizlaze kada dva kompleksna sustava djeluju jedan na drugi teško su predvidive. Međutim, jedna posljedica, koja je sve očitija u posljednje vrijeme jest štetan utjecaj industrijske civilizacije na okoliš i ekosustav u kojem živimo i o kojem ovisimo. Neki utjecaji su evidentni već više od stoljeća i mnogi su uspješno spriječeni, no nekih utjecaja postajemo svjesni tek u zadnjih par godina, kao na primjer problem globalnog zatopljenja. Uništavajući okoliš i nepovratno iscrpljujući prirodne resurse i bogatstva nanosimo štetu sebi samima. Nažalost, često toga postanemo svjesni kada je već prekasno, ako i tada.

Svi štetni utjecaji koje je potaknula industrijalizacija čovječanstva posljedica su načina na koji koristimo materijale i energiju. Mnogi od nas nisu ni svjesni na koje sve načine može životni ciklus jednog proizvoda utjecati na okoliš. Mnogi, kupujući neki proizvod u trgovini ne pomisle kako je taj proizvod nastao, odakle materijal za taj proizvod, koliko je energije utrošeno da se taj proizvod proizvede i što je najbitnije, kakve je posljedice sve to ostavilo na okolinu u kojoj živimo? Ako želimo učiniti nešto da to spriječimo, prvo što moramo je, razumijeti izvore, načine, pravila i posljedice pravilnog konstruiranja i izrade proizvoda s aspekta utjecaja na okoliš.

Kako čovjek u današnje vrijeme intenzivno iscrpljuje prirodna bogatstva čime dovodi u pitanje i vlastitu budućnost, sve više se povećava interes za zaštitu okoliša i ekološku osviještenost promatrajući pritom negativne utjecaje na proizvodnju i okolinu. Da bi se omogućio pregled učinaka stvoren je "alat" nazvan *Procjena životnog ciklusa (LCA)*. LCA analiza omogućuje pregled životnog ciklusa proizvoda i otkrivanje problema u određenim proizvodnim fazama.

Posljednjih godina LCA analiza se sve više primjenjuje u industriji (strojarstvo, metalurgija, energetika, promet...) obzirom na sve oštriju zakonsku regulativu s aspekta prevencije zaštite životne okoline od potencijalnih negativnih utjecaja tijekom proizvodnje, potrošnje i odlaganja (reciklaže) proizvoda. LCA metoda predstavlja koristan alat primenjen u cilju modifikacije i poboljšanja postojećih tehnologija proizvodnje i ponovnog dobijanja metala iz sekundarnih sirovina u metalurškim pogonima, te također predstavlja i važnu preventivnu mjeru zaštite životne sredine.

Ovim radom, nastoji se prikazati primjena koncepta održive proizvodnje za proces cinčanja, te je na konkretnom primjeru cinčanja sigurnosne ograde prikazan način korištenja navedene LCA metode kako bi se procjenila emisija štetnih tvari, odnosno procjenio štetan utjecaj procesa cinčanja na okolinu.

Za izradu primjera korišten je konkretan proizvod tvrtke Dalekovod d.d., koja je omogućila uvid u potrebne podatke i tehnološki proces cinčanja u svom novom pogonu za cinčanje u Dugom Selu, stoga je u sljedećem poglavlju dan kratak opis tvrtke i pogona za cinčanje.

2. DALEKOVOD

2.1 Temeljna djelatnost, misija i vizija

Tvrtka Dalekovod se može izdvojiti po trima stvarima, ne samo u Hrvatskoj već i na svjetskoj razini, a to su tradicija, stručnost zaposlenika i kvaliteta koja se temelji na njima. U više od 60 godina svog postojanja Dalekovod je izrastao u veliku tvrtku čija je kvaliteta prepoznata u više od 80 zemalja diljem svijeta. Kao društveno odgovorna tvrtka¹, Dalekovod posebnu pažnju posvećuje i zaštiti prirode kroz uspostavljen i primijenjen sustav upravljanja okolišem te djeluje u skladu s načelima održivog razvoja.

Temeljna djelatnost tvrtke je izgradnja elektroenergetskih, prijenosnih, distribucijskih i infrastrukturnih objekata za elektroenergetiku, promet i objekte javnog sadržaja.

Misija tvrtke je djelovanje vezano uz stvaranje dodatne vrijednosti u projektiranju, proizvodnji, montaži i inženjeringu elektroenergetskih, prometnih i telekomunikacijskih objekata na tržištu srednje i jugoistočne Europe, uz puno orijentiranosti prema zadovoljstvu klijenata. Nadalje, djelovanje po organizacijskim principima koji stalno teže usavršavanju, te sposobnost brzog prilagođavanja turbulentnim utjecajima i zahtjevima okoline.

Vizija tvrtke je postati vodeće poduzeće u svojoj djelatnosti u srednjoj i jugoistočnoj Europi.

2.2 Povijest [1]

- **1949.** osnovan Dalekovod,
- **1962.** prva internacionalna referenca - Togo,
- **1983.** proizvodnja preselila na novu lokaciju u Velikoj Gorici,
- **1993.** Dalekovod postaje dioničko društvo,
- **2000./2001.** ESOP² program u kojem sudjeluje više od 60% zaposlenih,
- **2003.** novom Cinčanicom u Dugom Selu zaokružio proizvodni proces,
- **2004.** prva internacionalna akvizicija TKS Doboja,
- **2005/2006** Ključna internacionalna referenca u Islandu koja je stvorila temelje za dobivanje natječaja u Skandinavskim zemljama,
- **2005/2006** Ključna internacionalna referenca u Kazahstanu kao temelj za nove poslove u zemljama CIS-a³,
- **2009.** uvrštenje u službeno tržište ZSE⁴; prva investicija u obnovljive izvore energije,
- **2010.** početak rada prve vjetroelektrane. Prva vjetroelektrana gradi se na području Velike Popine instalirane snage 9,2 MW, u partnerstvu Dalekovod d.d. i EKO d.o.o. 50:50 %.

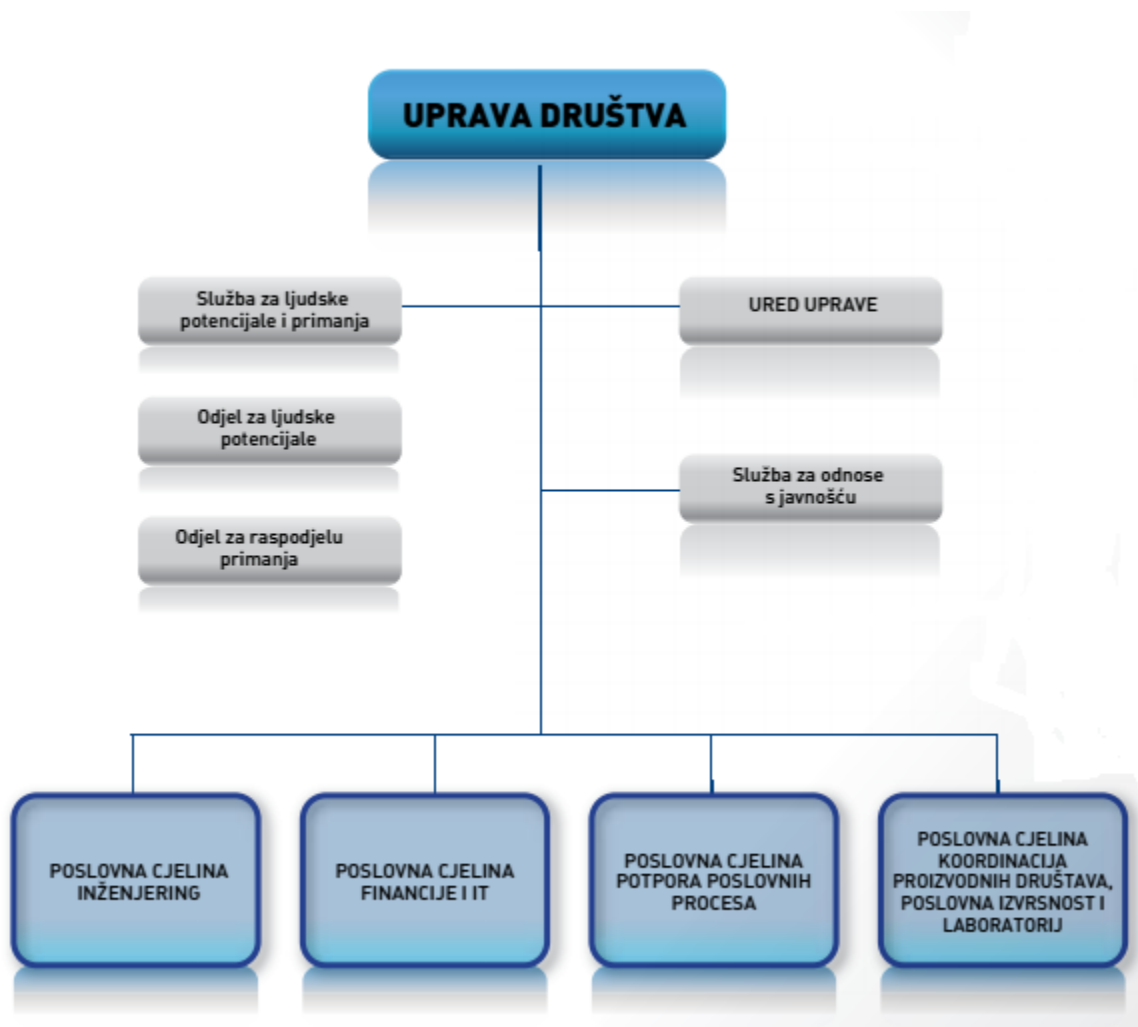
¹ Društvena odgovornost tvrtke - Europska komisija u svojim Smjernicama za politiku društvene odgovornosti poduzeća (EC White Paper on Corporate Social Responsibility, 2003), društvenu odgovornost poduzeća definira kao: "Koncept prema kojem poduzeće na dobrovoljnom principu integrira brigu o društvenim pitanjima i zaštiti okoliša u svoje poslovne aktivnosti i odnose s dionicima (vlasnicima, dioničarima, zaposlenicima, potrošačima, dobavljačima, vladom, medijima i širom javnošću."

² ESOP (eng. Employee Stock Ownership Plan) - je plan ili program stvoren da bi radnici stekli osjećaj sudjelovanja u upravljanju i razvoju svog poduzeća. Radnici se stoga ohrabruju na kupnju dionica poduzeća.

³ CIS (eng. *Commonwealth of Independent States*) - odnosno Udruženje Nezavisnih Zemalja bivšeg Sovjetskog saveza, a punopravne članice su: Armenija, Azarbajdžan, Bjelorusija, Kazahstan, Kirgistan, Moldavija, Rusija, Tadžikistan, Uzbekistan, te dvije države sudionice Turkmenistan i Ukrajina.

⁴ ZSE (eng. Zagreb Stock Exchange) - Zagrebačka burza vrijednosnih papira (dionica), jedna od značajnijih burzi vrijednosnih papira u Jugoistočnoj Europi.

2.3 Organizacijska struktura



Slika 2.1 Organizacijska struktura tvrtke Dalekovod d.d. [1]

Složenost poslovanja stvara sve složeniju organizacijsku strukturu dioničkog društva Dalekovod Zagreb, odnosno DALEKOVOD grupe. Organizacijsko restrukturiranje ključno je za povećanje djelatnosti poslovanja i stoga se jedna od najvažnijih odluka odnosi na dinzajniranje organizacijske strukture. Postojeća organizacijska struktura je funkcijska, kod koje se podjela rada, te grupiranje i povezivanje poslova kao i formiranje organizacijskih jedinica obavlja prema odgovarajućim poslovnim funkcijama u Društvu.

Kao što je vidljivo sa slike 2.1 Dalekovod d.d. Zagreb je organiziran u četiri poslovne cjeline i to: poslovna cjelina Inženjering, poslovna cjelina Financije i IT, poslovna cjelina Potpora poslovnih procesa, te poslovna cjelina Koordinacija proizvodnih društava, Poslovna izvrsnost i Laboratorij.

2.4 Pogon za cinčanje - (Dalekovod-Cinčaonica d.o.o)

U sklopu Tvornice za antikorozivnu zaštitu je pogon Cinčaonica koja je puštena u rad 2003. godine. Osnovana je u cilju rješavanja problema kapaciteta postojeće cinčaonice u tvornici u Velikoj Gorici-*uskog grla* proizvodnog programa. Osnovna djelatnost joj je antikorozivna zaštita čelika postupkom vrućeg cinčanja.

Proizvodni kapacitet se sastoji od pogona za diskontinuirano cinčanje i pogona za automatsko cinčanje sustavom centrifuge. Oko 50 posto kapaciteta cinčaonice popunjava oprema koju proizvodi Dalekovod, a ostalo koriste drugi metaloprerađivači.

Cinčaonica se sastoji od najsuvremenijih pogona za cinčanje:

• **Pogon za diskontinuirano cinčanje:** omogućuje cinčanje raznih čelično-rešetkastih konstrukcija, cijevnih i poligonalnih stupova, zaštitnih, sigurnosnih i ukrasnih ograda, kontejnera, bojlera, armatura i drugih proizvoda od čelika duljine do 12,5 m. Linija za cinčanje s kadama dimenzija 13000x1800x2800 mm,

• **Pogon za cinčanje sustavom centrifuge:** predviđen kao zatvoreni potpuno automatizirani pogon za cinčanje vijčane robe, matica, podloški, ovjesne i spojne opreme, te drugih proizvoda od čelika upotrebom sustava centrifuge s kadom dimenzija 3000x1000x1500 mm.

Dalekovod Proizvodnja d.o.o. ima certifikate: *ISO 9001*, *ISO 14001*, *OHSAS18001*, *EN 1090* i *DIN 18800*.

Opći i tehnički uvjeti: [2]

- Dalekovod-Cinčaonica d.o.o. obavlja uslugu vrućeg pocinčavanja u skladu sa standardom HR EN ISO 1461,
- najveća dozvoljena težina pojedinoga komada je 7000 kg ; radne dimenzije su: 12,5 x 1,6 x 2,5 m
- za pocinčavanje sustavom centrifuge treba zahtijevati preporuku pocinčavatelja,
- pocinčani materijal nije pogodan za naknadno hladno ili toplo oblikovanje, jer postoji mogućnost trajnog oštećenja cinkove prevlake,
- lijevano željezo treba pjeskariti, sivi lijev je teško kvalitetno pocinčati (nemoguće u kombinaciji s konstrukcijskim čelikom),
- preporučljivo je da se naručitelj posavjetuje s pocinčavateljem o konstrukcijskim zahtjevima i zahtjevima pri izboru materijala već u fazi konstruiranja,
- pri bojanju ili plastificiranju pocinčanog materijala naručitelj mora dodatno mehanički obraditi površinu, jer površina dobivena vrućim pocinčavanjem prema HR EN ISO 1461 nije dovoljno glatka za tu namjenu,
- ukupna nepocinčana površina može biti najviše 0,5% od cijele površine jednog elementa, a pojedina nepocinčana ploha može biti najviše 10 cm². Nepocinčane plohe popravljaju se premazom s visokim udjelom cinka u debljini 30% većoj od okolne prevlake.

2.5 Proizvodni asortiman

U sljedećoj tablici navedeni su dio proizvodnog programa i usluga koje proizvodi i pruža tvrtka Dalekovod.

Tablica 2.1 Dio proizvodnog asortimana i usluga tvrtke Dalekovod

Proizvodi	Usluge
-ovjesna i spojna oprema za dalekovode svih nazivnih naponskih razina	- antikorozivna zaštita čelika postupkom vrućeg cinčanja i bojanjem
-oprema za samonosivi kabelski snop	- kovanje i prešanje čeličnih otkivaka
-oprema za kontaktne mreže	- lijevanje (kokile)
-metalne konstrukcije i dijelovi	- kovanje i prešanje obojenih metala
-dalekovodni stupovi	- strojna obrada metala
-rasvjetni, antenski stupovi te stupovi za signalizaciju	- toplinska obrada metala
-konstrukcije za transformatorska i rasklopna postrojenja	- toplinsko rezanje metala
-hale	- usluge montaže i demontaže.
-čelične krovne konstrukcije	- usluge projektiranja
-sustavi zaštitnih ograda za cestovne prometnice	
- alati i strojevi posebne namjene itd.	

Kako je tematika ovog rada primjena koncepta održive proizvodnje u procesu cinčanja, u narednom poglavlju dat će se osvrt na tehnologiju zaštite materijala od korozije, te će se detaljnije prikazati proces cinčanja s njegovim glavnim utjecajnim faktorima.

3. ZAŠTITA MATERIJALA I TEHNOLOGIJA ZAŠTITE MATERIJALA

Konstruktivski materijali u obliku bilo kakvih tvorevina podložni su nenamjernim štetnim promjenama, tj. pojavama i procesima koji smanjuju njihovu uporabnu vrijednost. Takve promjene zahvaćaju konstruktivske materijale od trenutka njihova dobivanja, pa sve do otpreme na otpad ili recikliranja. To znači da se pojavljuju dok su u obliku poluproizvoda, proizvoda ili dijela tehničkog sustava, zatim tijekom prerade, obrade, skladištenja, prijevoza, montaže, primjene, zastoja i popravka.

Takve promjene nastoje se usporiti ili spriječiti mjerama i postupcima posebne tehnološke discipline, **zaštite materijala** koja se obično naziva **površinskom zaštitom**.

Mnoge od tih pojava i procesa zbivaju se pri dodiru konstruktivskog materijala s nekim fluidnim medijem (sredinom, okolinom), tj. s plinom ili kapljevinom. Najrašireniji je štetni proces ove vrste **korozija** koja kemijskim međudjelovanjem materijala i medija razara materijal pretvarajući ga u drugu tvar, pri čemu se najčešće nepoželjno mijenja i sastav medija. [3]

3.1 O koroziji

Korozija je proces nenamjernog razaranja konstruktivskih materijala, uzrokovan fizikalnim, kemijskim i biološkim agensima. To je spontan proces koji nanosi ogromne štete gospodarstvu. Ustanovljeno je da godišnji troškovi zbog korozije metala, uključujući i mjere za zaštitu od korozije u visokoindustrijaliziranim zemljama iznose oko 3% njihova bruto nacionalnog dohotka. Ovi podaci nisu potpuni, jer ne obuhvaćaju sveobuhvatne štete nastale zbog korozije kao npr. nesreće, ugroženost zdravlja ljudi, gubici u proizvodnji, teške ekološke katastrofe, propadanje spomeničke baštine i dr.[3]

Iz navedenog proizlazi veliki značaj pravovremene i kvalitetne zaštite od korozije.

Budući da je područje korozije vrlo široko i raznovrsno, postoji više različitih podjela korozije, i to:

- 1.) *Prema mehanizmu djelovanja:* **kemijska i elektrokemijska korozija**
- 2.) *Prema izgledu korozijskog napada:* a) **jednolika (opća) korozija** i b) **lokalizirana korozija** (pjegasta, jamasta, točkasta ili jamičasta (pitting), interkristalna, transkristalna i dr.)
- 3.) *Prema korozivnim sredinama:* **atmosferska korozija, korozija u tlu, korozija u elektrolitima i neelektrolitima**
- 4.) *Posebni oblici korozije:* **kontaktna korozija, korozija zbog lutajućih struja, korozija u procijepu, korozija uz naprezanje, korozijsko raspucavanje uz naprezanje** (Stress Corrosion Cracking), **korozijski zamor, erozijska korozija, biokorozija** i dr. [4]

Intenzivnost korozije određuju:

- A. **UNUTRAŠNJI ČIMBENICI KOROZIJE:** (sastav, struktura, tekstura, oblik konstrukcije, fizikalna svojstva, mehanička svojstva, defekti u materijalu, napetosti u materijalu, te stanje njegove površine)
- B. **VANJSKI ČIMBENICI KOROZIJE:** (vrsta okoline, koncentracija sastojaka, pritisak, temperatura, brzina strujanja medija, radijacija, električni naboj, biološka aktivnost)

Ovdje je dan samo kratak pregled osnovnih činjenica o koroziji i njenom djelovanju koje su nužne za adekvatno razumjevanje ideja, teorija i principa koje će u daljnjem tekstu biti predstavljene. U nastavku će se reći nešto detaljnije o metodama zaštite od korozije.



Slika 3.1 Različiti oblici korozije [4]

3.2 Metode površinske zaštite

Kako se korozijske reakcije počinju odvijati na površini metala, tj. na dodiru metal/korozijski medij tako i sama zaštita treba započeti na istom mjestu.

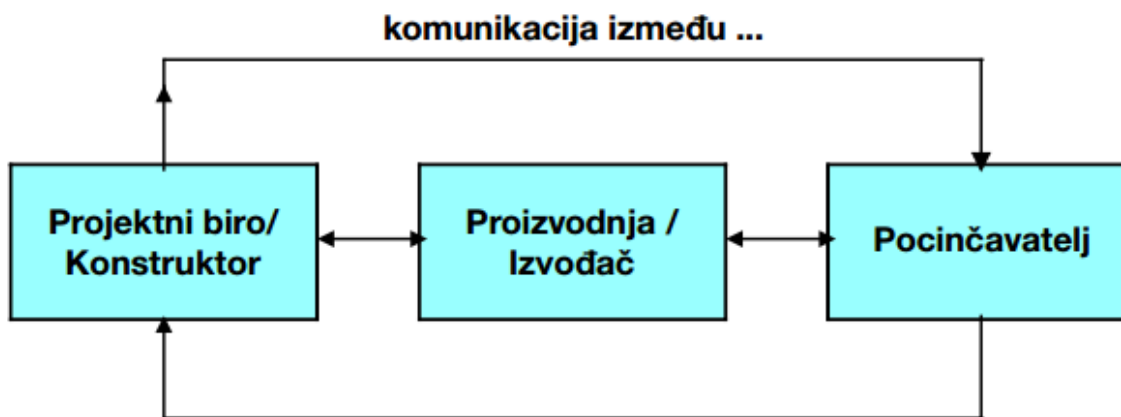
Istraživanja su pokazala da se četvrtina šteta od korozije može spriječiti uporabom suvremenih tehnologija. Metal se može zaštititi od procesa korozije različitim metodama. [3]

Najčešći načini zaštite metala od korozije su:

1. **Elektrokemjska zaštita** (katodna i anodna)
2. **Zaštita obradom korozivne sredine** (uklanjanjem aktivatora korozije i uvođenjem inhibitora korozije u agresivnu sredinu)
3. **Zaštita prevlakama** (metalne prevlake, anorganske nemetalne prevlake i organske prevlake)

Metode zaštite temelje se na sprječavanju dodira između konstrukcijskog materijala i okoline stvaranjem djelotvornog međusloja (prevlačenje, premazivanje, plastificiranje i sl.) čija debljina i sastav ovise o eksploatacijskim uvjetima i/ili djelovanju na unutrašnje i vanjske čimbenike korozije.

Zaštita od korozije počela je pomicati granice u smislu dizajna i konstrukcije različitih proizvoda. Neovisno o tome koji će se oblik ili postupak zaštite od korozije primjeniti, on mora postati sastavni dio promišljanja prilikom projektiranja (dizajniranja) oblika i konstrukcijskih rješenja za izradu određenoga proizvoda. Kao što je to prikazano slikom 3.2



Slika 3.2 Povezivanje dizajna i konstrukcije sa zaštitom od korozije [5]

Vrlo je važno za zaključiti da komunikacija između konstruktora, izvođača (proizvodnja) i pocinčavatelja (zaštita od korozije) od početka projekta do završetka proizvodnje može bitno pridonijeti optimaliziranju vremena proizvodnje, smanjivanju troškova proizvodnje i osiguranju maksimalne kvalitete tijekom cjelokupnog procesa proizvodnje proizvoda.

3.3 Vruće pocinčavanje [3]

U ovom završnom radu detaljnije će se predložiti ovaj postupak površinske zaštite, dok će ostalima biti posvećeno smo onoliko pažnje koliko je potrebno za adekvatno razumijevanje teorija i principa koji će u daljnjem tekstu biti predstavljeni.

Vruće pocinčavanje je postupak koji pripada u postupke prevlačenja metalima (odlomak 3.2). Nanošenje metalnih prevlaka često se naziva *metalizacijom* ili *platiranjem*, a provodi se fizikalnim, odnosno kemijskim postupcima koji se, načelno, razlikuju po tome je li materijal prevlake već prije prisutan u obliku metala ili tek nastaje nekom kemijskom (elektrokemijskom) reakcijom u tijeku obrade.

U *fizikalne postupke* se ubrajaju vruće uranjanje, metalizacija prskanjem, platiniranje (u užem smislu riječi), nataljivanje, navarivanje, oblaganje, lemljenje i lijepljenje.

U *kemijske postupke* se ubrajaju galvanotehnika, ionska izmjena i redukcija u otopini.

Dvije važne metode prevlačenja, i to difuzijska metalizacija i metalizacija naparivanjem mogu imati bilo fizikalni bilo kemijski karakter.

Većina nabrojenih postupaka daje metalne prevlake koje uz podlogu prijanjaju običnom adhezijom. Nekim se metodama prevlačenja metalnih podloga ipak dobivaju prevlake koje čvršće prijanjaju nego što to odgovara adheziji, jer nastaje međusloj legure osnovnog i pokrivnog metala, tako da prevlake u neku ruku čine integralni dio obrađivanih predmeta.

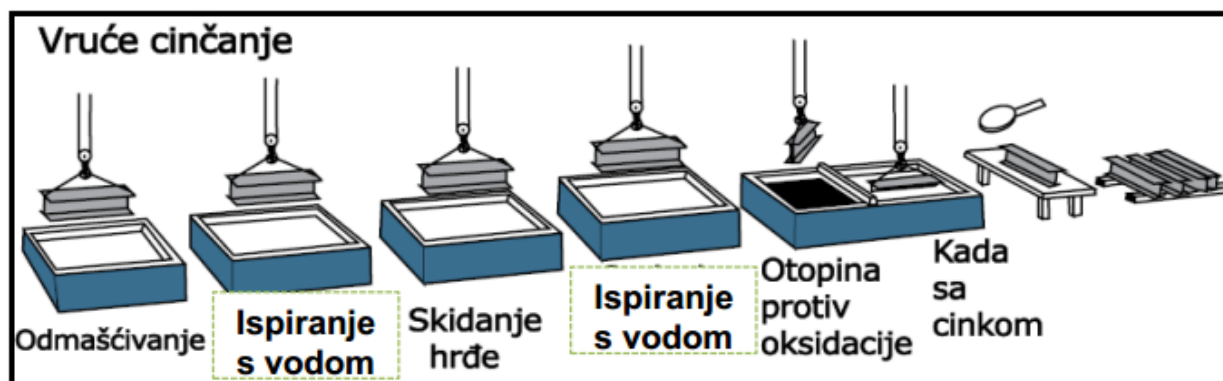
Vruće cinčanje u usporedbi s ostalim postupcima antikorozivne zaštite ima niz prednosti, koje se mogu označiti sljedećim osnovnim karakteristikama:

- Ekonomičnost procesa- zato što antikorozivnu zaštitu metala, metalnim prevlakama ovog tipa karakterizira procesni način proizvodnje, a to znači brz protok robe u jedinici vremena, uz manje učešće rada, energije i drugih troškova proizvodnje.
- Odlično svojstvo prijanjanja prevlake uz temeljni materijal i otpornost na koroziju u različitim uvjetima i okruženjima.
- Vrlo dug vijek trajanja prevlake što višestruko povećava vijek trajanja objekata, ili čeličnih konstrukcija izrađenih od elemenata zaštićenih postupkom vrućeg cinčanja.
- Tehnička i tehnološka mogućnost dodatne zaštite drugim prevlakama, u vezi specifičnih zahtjeva za poboljšanje kvalitete ili estetskog izgleda proizvoda. To je moguće izvesti premazima, plastificiranjem ili elektrostatskim nanošenjem boja ili epoksidnih smola otpornih na različite agresivne medije (kiseline, kloride, različita ulja i sl.) na vruće pocinčanu prevlaku.
- Moguće je, ako to kupac zahtijeva, podešavanjem određenih parametara proizvodnje, utjecati na debljinu cinkove prevlake tj. povećati ili smanjiti debljinu prevlake.

Vruće cinčanje je tehnološki postupak prevlačenja čeličnih proizvoda ili čeličnih materijala prevlakom cinka uranjanjem u rastopljeni cink, koji u osnovi čine tri temeljna koraka ili operacije:

- čišćenje i priprema površine (odmašćivanje; nagrizanje; ispiranje; fluksiranje),
- vruće pocinčavanje uranjanjem u rastaljeni cink,
- kontrola gotovog proizvoda.

Taj tehnološki postupak prikazan je slikom 3.3.



Slika 3.3 Shema vrućeg cinčanja [5]

Može se reći da je priprema površine najvažniji korak ili operacija u okviru svakog tehnološkog procesa i aplikacije bilo koje vrste prevlake. U puno slučajeva gdje je došlo do propadanja prevlake prije očekivanog vremena pokazalo se da je uzrok tome nekorektno ili nepravilno pripremljena površina

U slučaju vrućeg cinčanja, nekorektno ili nepravilno površina ne bi u dovoljnoj mjeri omogućila potpunu reakciju rastopljenog cinka s površinom metala, odnosno tvorbu čvrstog intermetalnog spoja, što je karakteristika vrućeg pocinčavanja kao tehnološkog postupka.

Čišćenje i priprema površine sastoji se od nekoliko faza:

1. **Odmašćivanje**- je faza tijekom koje se s materijala skida zaostala prljavština i masnoće. Općenito ova faza izvodi se u alkilnim ili lužnatim otopinama u određenom omjeru, pri temperaturama 60°C- 90°C, ili danas u češće primjenjivanim kiselim odmašćivačima, tj. kombinaciji određenih aditiva i kiseline (npr. 5% HCl). Ova faza ne može skinuti s površine eventualne zaostatke boja, epoksidnih i drugih smola, okujinu i sl. Svi takvi nanosi i prevlake moraju biti s površine skinuti prije početka operacije čišćenja i odmašćivanja pjeskarenjem, sačmarenjem ili nekim drugim mehaničkim abrazivnim postupkom.
2. **Nagrizanje (Dekapiranje)**- je faza čišćenja i pripreme površine tijekom koje se u 15-16 % otopini solne (kloridne) kiseline (HCl). Ona pri sobnoj temperaturi prodira kroz odmašćeni korodirani sloj i nagriza površinu metala, stvarajući pri tome plin vodik (H_2), koji naglo ekspandirajući odbacuje slojeve hrđe i time se materijal potpuno čisti. Kada je to potrebno, a prema procjeni zbog evidentirane jačine korodiranosti površine ili zbog potrebne debljine prevlake cinka moguća je kombinacija čišćenja površine abrazivnim metodama prije ili poslije nagrizanja (npr. pjeskarenjem, sačmarenjem ili brzom rotaciju u za to pripremljenim bubnjevima uz prisustvo određenog abrazivnog sredstva)
3. **Ispiranje s vodom**- Nakon nagrizanja proizvodi se prije uranjanja u fluks ispiru u vodi, po mogućnosti malo zagrijanoj, protočnoj ili u više bazena kaskadno.
4. **Fluksiranje**- je završna faza operacije pripreme površine za vruće pocinčavanje i podrazumjeva potpuno uklanjanje zaostalih oksida s površine čelika i stvaranje tanke prevlake klorida u cilju preventivne zaštite tek očišćene i pripremljene površine od nagle korozije, do uranjanja u rastaljeni cink. Metoda nanošenja fluksa na površinu metala ovisi o primjenjenoj tehnologiji "mokrog" ili "suhog" vrućeg cinčanja. U "suhom", novijem postupku, fluksiranje se izvodi uranjanjem i kupanjem u otopini cinkovog i amonijevog klorida zagrijanoj do 70 °C, odnosno vrši se pre-fluksiranje. Nakon toga se materijal suši u sušarama (do 120 °C) i time ujedno zagrijava prije uranjanja u rastaljeni cink (štedno cinčanje). U "mokrom", starijem postupku, rastopljeni klorid uz dodatak sapuna ili glicerina, pošto su manje gustoće, plivaju na površini prednjeg dijela pregrađene kade s rastaljenim cinkom. Mokri materijal provlači se kroz taj stvoreni sloj rastaljenih klorida, površina se dodatno čisti od zaostalih nečistoća i masnoća, te neposredno reagira s otopljenim kloridima. I u jednom i u drugom slučaju fluks omogućava čvrstu prionljivost, odnosno tvorbu intermetalnog spoja cinka i čelika.

Nakon što je površina očišćena i pripremljena slijedi postupak uranjanja u kadu s rastaljenim cinkom

Pocinčavanje se izvodi uranjanjem proizvoda u čeličnu kadu koja sadrži rastaljeni cink. U teoriji i standardima dozvoljena minimalna čistoća rastaljenog cinka iznosi 98 %, no u praksi se najčešće koristi cink 99,995 % čistoće. Temperatura rastaljenog cinka varira u granicama od 445 °C do 460 °C.

U osnovi vruće cinčanje je kemijska reakcija čiji je rezultat formiranje i strukturiranje cinkove prevlake u ovisnosti o:

- pripremljenosti površine,
- karakteristikama materijala (oblik i vrsta materijala, debljina stijenke, stanje površine i sl.),

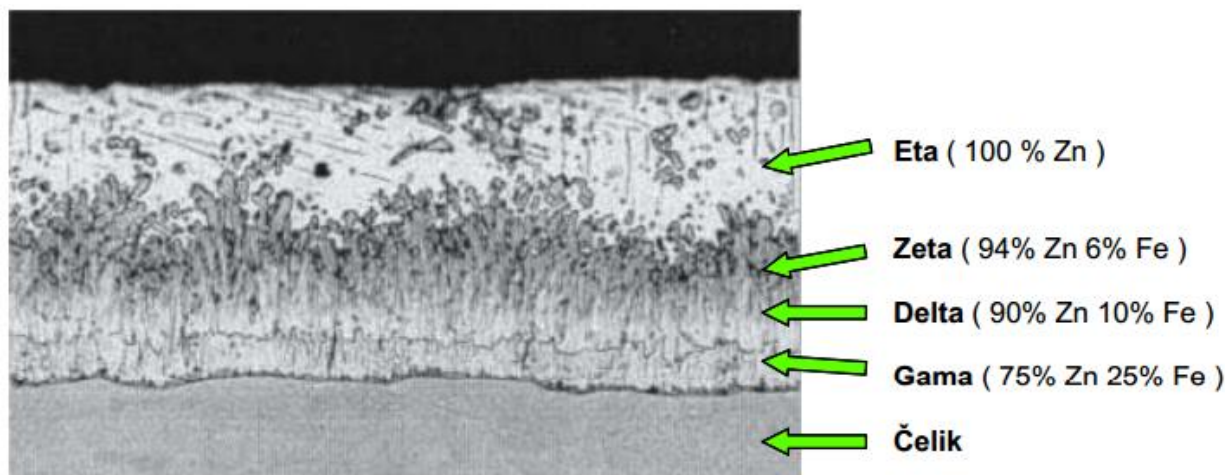
- točnom određivanju potrebne temperature rastaljenog cinka,
- potrebnoj brzini uranjanja u rastaljeni cink (ulazak cinka u cijevi i prodore, ventiliranje itd.),
- vremenu zadržavanja materijala u rastaljenom cinku (tzv. otuhavanje)
- potrebnoj brzini izranjanja,
- kvaliteti ocjeđivanja prelička cinka na površini materijala.

Nakon pocinčavanja proizvodi se po potrebi hlade u bazenu s vodom, te slijedi zadnji korak u tehnološkom postupku vrućeg cinčanja, a to je:

Kontrola gotovog proizvoda- dvije osnovne karakteristike koje čine i definiraju pojam kvalitete prevlake općenito su debljina i izgled površine. Primjenom različitih jednostavnih fizikalnih i laboratorijskih testova moguće je točno odrediti debljinu prevlake, ujednačenost, prionljivost i izgled površine. Točno definirani pojmovi kvalitete kao i točno definirane metode uzimanja uzoraka za ispitivanje kvalitete i drugi relevantni podaci nalaze se u okvirima standarda HRN ISO 1461 i HRN ISO 14713.

3.3.1 Izgled, struktura i osobine cinkove prevlake

Kao što je već prije navedeno, tehnološkim procesom vrućeg pocinčavanja oblikuje se metalurška veza koja čini svojevrsnu barijeru koroziji, i koja ujedno sama postaje dio cjeline. U suštini, tijekom pocinčavanja rastaljeni cink reagira s površinom čelika i tvori leguru cink/čelik u slojevima kao što je to prikazano slikom 3.4.



Slika 3.4 Mikrografska fotografija presjeka cinkove prevlake izvedene postupkom vrućeg cinčanja [4]

Sa slike 3.4 vidljivo je da se prevlaka sastoji od više slojeva u kojima se udio željeza u pojedinom sloju smanjuje prema vanjskoj površini. Na vanjskoj je površini završni sloj čistog cinka.

Vrlo je važno napomenuti da tvrdoća prevlake raste s postotkom učešća cinka u pojedinom sloju prevlake, a to znači da što je veći postotak Zn, to je veća tvrdoća površine. To ukazuje na veliku otpornost cinkove prevlake na mehanička oštećenja, ali ujedno i na povećanu tvrdoću i krutost pocinčane površine, što znači smanjenu otpornost na savijanje i presavijanje pocinčanih predmeta s debljim prevlakama. [3]

Tvrdoća, prionljivost, otpornost cinkove prevlake na atmosferske utjecaje i na mehanička oštećenja, u kombinaciji s pojednostavljenim uvjetima i troškovima transporta daju izrazite prednosti vrućem cinčanju nad ostalim postupcima površinske zaštite.

Pri tome treba napomenuti da se ovim postupkom, uranjanjem proizvoda u rastaljeni cink postiže najpotpunija pokrivenost površine zaštitnom prevlakom, a naročito kad se uzmu u obzir cijevne konstrukcije, različite zatvorene i poluzatvorene posude, spremnici i slično.

3.3.2 Čimbenici koji utječu na kvalitetu cinkove prevlake

Minimalna debljina cinkove prevlake u odnosu na debljinu materijala definirana je standardom HRN ISO 1461. Na slici 3.5 prikazana je jedna od tablica pomoću koje se određuje minimalna debljina cinkove prevlake.

Debljina prevlake cinka (necentrifugirano) prema HRN EN ISO 1461

Debljina stijenke	Minimalna prevlaka (lokalno)		Minimalna prevlaka (srednja vrijednost)	
	g/m ²	μm	g/m ²	μm
≥ 6 mm	505	70	610	85
≥ 3 mm do < 6	395	55	505	70
≥ 1,5 mm do < 3	325	45	395	55
< 1,5 mm	250	35	325	45
odljevci ≥ 6 mm	505	70	575	80
Odljevci < 6 mm	430	60	505	70

Slika 3.5 Minimalna debljina prevlake cinka prema HRN EN ISO 1461 [5]

Ipak treba naglasiti da je jedan od najvažnijih faktora koji utječu na debljinu cinkove prevlake kemijski sastav čelika, a naročito zbog toga što na njega ne možemo utjecati.

Tri su faktora koja definiraju sposobnost čelika ili čeličnog proizvoda za pocinčavanje:

1. *Kemijski sastav čelika*
2. *Čvrstoća čelika (čvrstoća na razvlačenje)*
3. *Različitost debljine čeličnih dijelova iste čelične konstrukcije (ovaj faktor određuje vrijeme zadržavanja proizvoda potopljenog u rastaljenom cinku)*

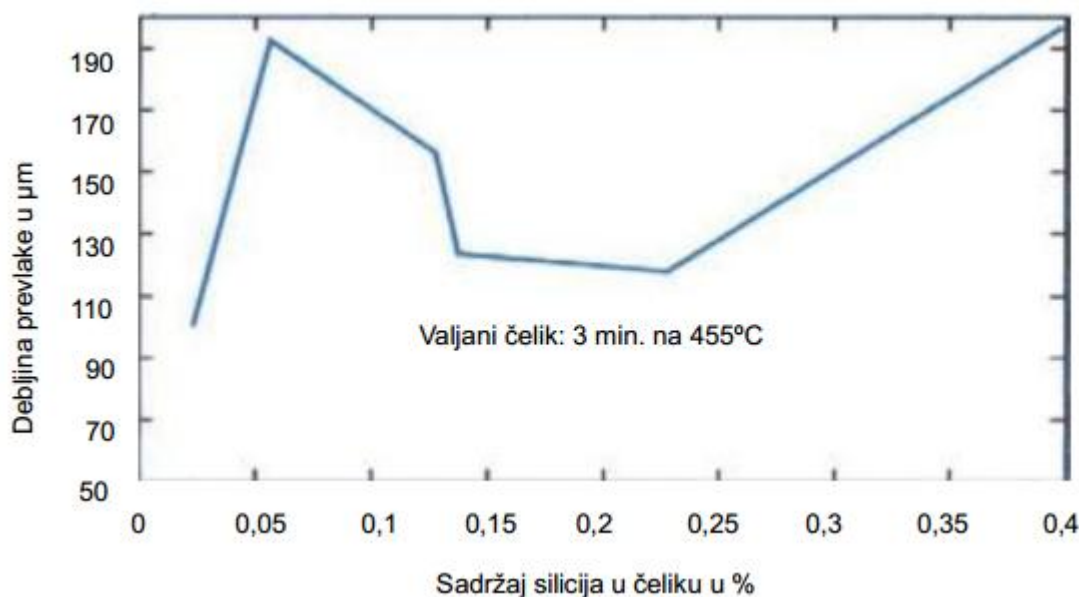
Kemijski sastav čelika od presudne je važnosti za kvalitetu vrućeg pocinčavanja. Legirni kemijski element koji ima najizraženiji utjecaj je *silicij (Si)*. Kako postotak silicija u sastavu čelika utječe na debljinu, a time i kvalitetu cinkove prevlake vidljivo je iz slijedećeg dijagrama (slika 3.6) koji definira krivulju Sandelin područja.

Najpovoljniji sadržaj silicija (Si) nalazi se u slijedećim područjima:

- a) $0 \% < Si < 0,03 \%$
- b) $0,13 \% < Si < 0,23 \%$

Najkritičniji sadržaj silicija (Si) nalazi se u području:

$$0,05 \% < Si < 0,125 \% \text{ (Sandelin područje)}$$



Slika 3.6 Debljina prevlake cinka u zavisnosti o postotku silicija (krivulja Sandelin područja) [5]

Ako je sadržaj silicija ispod Sandelin područja (ispod 0,05 %), tada je vrlo važna uloga i sadržaj fosfora. Tada moraju biti ispunjeni slijedeći uvjeti, iskazani formulom:

$$Si(\%) + 2,5P(\%) < 0,09 \%$$

Ostali legirni elementi imaju malen utjecaj ili se pojavljuju u malim udjelima u čeliku. Preporučeni udjeli trebali bi se kretati u ovim granicama : [3]

- $C \leq 0,25 \%$,
- $P \leq 0,05 \%$,
- $S \leq 0,05 \%$,
- $Cu \leq 0,5 \%$,
- $Mn \leq 0,5 \%$.

Treba napomenuti da lokalne koncentracije elemenata mogu biti znatno veće od deklariranih prosječnih vrijednosti. Ako je povećana koncentracija blizu površine materijala, utjecaj može biti izražen, pa to može utjecati na lokalna svojstva prevlake.

Karakteristično je za vruće pocinčavanje kao proces da se većom temperaturom rastaljenog cinka i dužim vremenom zadržavanja u cinku povećava debljina prevlake, i ta reakcija u početku teče brzo i usporava se kako raste naslaga legiranog sloja i prevlaka postaje sve deblja.

4. ODRŽIVI RAZVOJ

4.1 Uvodna napomena [6]

S obzirom da se radi o veoma sadržajnoj temi (dovoljno je napomenuti da je to bila najobuhvatnija i najkompleksnija tema u pregovorima Republike Hrvatske sa Europskom Unijom), u ovom završnom radu, koji je sadržajno ograničen, pokušati će se proći kroz najbitnije dijelove navedene tematike kako bi se dobila cjelokupna slika ove vrlo važne teme za današnje društvo i budućnost cijelokupnog čovječanstva.

Društveni ustroj u kojem vlada *"profit pod svaku cijenu"* ne može biti učinkovit regulator ravnoteže između materijalnoga rasta i prirodnih osnova života. Stoga je potreban novi smjer razvoja koji neće ponavljati pogreške starog. Novi smjer nudi koncept održivoga razvoja, koji pretpostavlja pozamašne društvene promjene i koji ima karakter globalne društvene inovacije.

Dakle, vidljivo je iz toga da je održivi razvoj projekt budućnosti, čije ostvarivanje pretpostavlja i traži globalne društvene promjene koje će imati karakter societalne društvene inovacije. Tržište i kapital kao društveni odnos nemaju u sebi moć i domet da budu opći i sveobuhvatni mehanizam koji će učinkovito urediti povijesnu sudbinu čovječanstva, produktivne ekonomije, ali i stalno obnavljanje života prirode i ljudi.

Društvene promjene i inovacije u smjeru razvojne dugoročne zaštite prirode i ljudi od destrukcije slijepim i samorazornim rastom u smjeru ekološke, ekonomske i sociokulturne, dakle integralne, održivosti zahtijevaju i nova, višeslojna, kompleksna znanja, dakle *učenje*.

Dva nosiva temeljna stupa održivog razvoj jesu *"učenje za održivost"* i *"vođenje u smjeru održivosti"* [6]

4.2 Ideja održivog razvoja [7], [8]

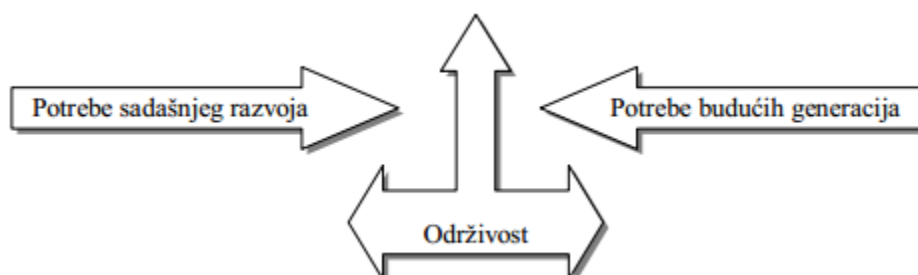
Održivi razvoj je sintagma nastala još u 19. stoljeću, a prvi je put upotrijebljena u kontekstu održivog gospodarenja šumama. Obilježje mu je unutarnja proturječnost jer sjedinjuje statičnost (održivost) i dinamičnost (razvoj).

Pridjev *"održiv"* opisuje procese koji nikad ne dolaze do kraja, već se temelje na beskonačnu kruženju tvari i energije. Temelje za održive procese tvorci ove sintagme pronašli su u prirodi u kojoj se kretanje energije i tvari temelji na kruženju, što implicira procese koji se mogu ponavljati beskonačno mnogo puta.

Pojam *"razvoja"* označava proces stalnog unapređivanja, a može se odnositi na materijalan rast ili na nadgradnju nematerijalnog podrijetla kao što je to intelektualna, kulturna nadgradnja ili rast vrijednosti, ne nužno vezan uz novčanu vrijednost.

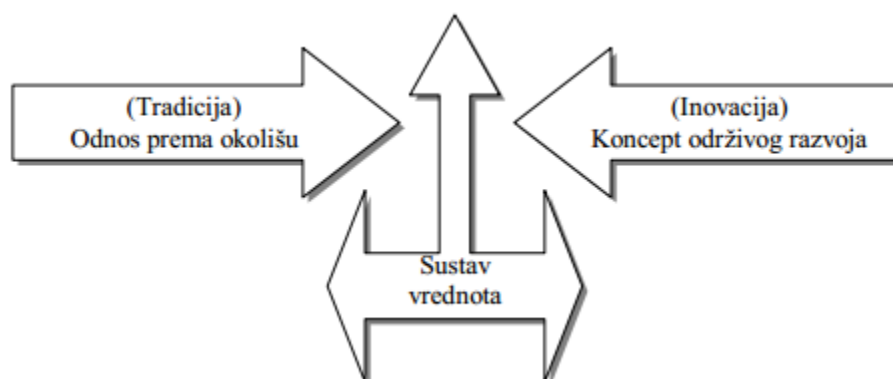
Upravo kombinacija tih dviju, na prvi pogled riječi suprotnog značenja, otežala je tumačenje i točno definiranje ovog pojma.

Održivi je razvoj proces koji ima više definicija, a najpoznatija i najčešće upotrebljavana je ona objavljena u izvješću "Naša zajednička budućnost" UN-ove Komisije za okoliš i razvoj⁵ iz 1987. godine. Prema njoj: "Održivi razvoj je razvoj kojim se zadovoljavaju potrebe današnjih naraštaja a da se pritom ne ugrožava mogućnost budućih naraštaja u zadovoljavanju njihovih potreba". (Slika 4.1)



Slika 4.1 Prikaz koncepta održivosti kao mogućeg rješenja konflikta [8]

Značenje pojma održivi razvoj istovremeno je jednostavno i kompleksno. Jednostavno je jer se jednostavnim riječima može shvatiti kompletna filozofija koncepta održivog razvoja: "Ne smijemo zaklati kravu od koje sutra očekujemo da nam daje mlijeko."⁶ Kompleksnost pojma održivog razvoja dolazi do izražaja kad se shvati da njegova materijalizacija podrazumijeva promjenu ponašanja u svim segmentima čovjekova djelovanja, kad se shvati da se radi o temeljitoj reviziji i promjeni sustava vrednota (Slika 4.2).



Slika 4.2 Prikaz sustava vrednota kao mogućeg rješenja konflikta [8]

⁵ Ujedinjeni narodi - UN World Commission on Environment and Development (UNCED), osnovana je 1983. godine sa zadatkom utvrditi mogućnosti svjetskog razvoja s aspekta stanja okoliša i društva. Prva predsjednika Komisije bila je predsjednica Vlade Norveške Dr. Gro Harlem Brundtland.

⁶ Mihajlo Mesarović i Eduard Pestel, Čovječanstvo na raskršću, Suvremena stvarnost, Zagreb, 1978, str. 11-12.

4.3 Karakteristike koncepta održivog razvoja [6], [8]

Sve definicije održivog razvoja povezuju njegove tri osnovne komponente: ekonomiju, okoliš i društvo. Te tri komponente prikazane su shemom na slici 4.3. Nejasnoće nastaju u različitu tumačenju što su to ljudske potrebe, i sadašnje i one budućih naraštaja.



Slika 4.3 Osnovne komponente održivog razvoja [7]

Koncept održivog razvoja temelji se na tri glavna aspekta: *ravnomjernome gospodarskom rastu* (ekonomski aspekt), *zaštiti i očuvanju okoliša* (ekološki aspekt), te *poštivanju i unapređenju socijalnih i ljudskih prava* (socijalni aspekt). Iako su u počecima više isticana prva dva aspekta ovoga koncepta, razvojem ideje sve se veća pozornost posvećivala i jačanju socijalnog aspekta. Održivi razvoj ostvaruje ravnotežu između zahtjeva za unapređivanjem kakvoće života (ekonomska sastavnica), za ostvarivanjem socijalne dobrobiti i mira za sve (socijalna sastavnica), te zahtjeva za očuvanjem sastavnica okoliša kao prirodnog dobra o kojima ovise i sadašnja i buduće generacije (ekološka sastavnica). Poštivanje načela demokracije, ravnopravnosti spolova, socijalne pravde i solidarnosti, zakonitosti, poštivanje prava čovjeka te očuvanje prirodnih dobara, kulturne baštine i čovjekova okoliša pridonose očuvanju Zemlje za održavanje života u svojoj raznolikosti. Na taj se način održivi razvoj ostvaruje kroz dinamično gospodarstvo s punom zaposlenošću, ekonomsku, socijalnu i teritorijalnu koheziju, visok stupanj obrazovanosti građana, visok stupanj zaštite zdravlja i očuvanje okoliša.

Polazeći od najraširenije definicije (one uspostavljene od strane UN-ove Komisije za okoliš i razvoj iz 1987. godine), konstatira se da postoje tri važna elementa u koncepciji održivog razvoja:

- **Koncept razvoja** – što ne znači isto što i gospodarski rast. Gospodarski rast u prvi plan stavlja kvantitativne elemente dok koncept razvoja sa stajališta održivog razvoja stavlja težište na kvalitativni koncept.
- **Koncept potreba** – u središte interesa stavlja pitanja raspodjele osnovnih resursa za ostvarivanje kvalitete života.
- **Koncept budućih naraštaja** – ukazuje na bit održivosti i postavlja suštinsko pitanje: "Što sadašnje generacije ostavljaju budućim pokoljenjima?"

Iz svega navedenog vidljivo je da održivi razvoj podrazumijeva ravnotežu. S tog stajališta koncepcija istog zahtijeva:

- očuvanje prirodnih resursa,
- veću pravednost u raspodjeli resursa i bogatstva,
- uvođenje i primjenu novih tehnologija,
- razlikovanje koncepta rasta i koncepta razvoja,
- odustajanje od aktivnosti koje bi mogle ugroziti interese budućih pokoljenja,
- prihvatanje održivog razvoja kao filozofskog pristupa i pragmatičnog djelovanja.

U konačnici, za bolje shvaćanje koncepta održivog razvoja prikazana je usporedba održivog i neodrživog razvoja, odnosno prikazane su razlike među njima.

Tablica 4.1 Usporedba održivog i neodrživog razvoja [7]

Održivi razvoj	Neodrživi razvoj
Ciljevi poboljšanja kvalitete života - temelje se na općoj definiciji uključujući društvene i ekološke čimbenike, te monetarne.	Ciljevi su samo podizanje životnog standarda - temelje se na financijama koje su temelj našeg blagostanja i sreće.
Postoji međusobna povezanost između gospodarskih, društvenih i ekoloških problema. Oni se rješavaju na cjelovit način da se postignu trajna rješenja koja se temelje na harmoniji.	Gospodarstvo, društvo i okoliš tri su različite, zasebne skupine problema, te se drži da zdravo gospodarstvo automatski vodi u zdravo društvo i sigurni okoliš.
Gleda na potrebe budućih generacija kao na potrebe današnjih generacija i traži izbjegavanje problema u budućnosti time što se na njihovom rješenju radi danas.	Stvari se poboljšavaju kratkoročno. Uglavnom se ostavlja budućim generacijama da ih riješe.
Vodi se računa o okolišu i njegovom kapacitetu da bude potpora ljudskom djelovanju u svim odlukama.	Na okoliš se gleda kao na luksuz - treba ga zaštititi samo ako si to možemo priuštiti.
Ravnoteža važnosti individualnih prava s kolektivnom odgovornošću.	Težište je uglavnom na pojedincima i individualnim pravima.
Planirana je suradnja između eksperata i običnih ljudi kako bi planovi i prijedlozi zadovoljili potrebe ljudi.	Planiraju eksperti i specijalisti.

Održivi razvoj nije stanje nego proces koji nikad ne završava na dovoljnoj razini kvalitete da ne bi trebao biti nastavljen. Temeljna prepreka bržem i cjelovitom ostvarivanju ovog koncepta je postojeći globalni model društvenog i ekonomskog razvoja koji se temelji na neoliberalnom konceptu kapitalizma⁷. Iako u svijetu, osobito u najrazvijenijim zemalja, jača svijest o potrebi korekcija ovog razvojnog modela, još uvijek je snažan otpor korjenitim promjenama. Implementacija sustava upravljanja okolišem, osobito za proizvodne organizacije koje sudjeluju na globalnom tržištu, postaje sve više nešto što se podrazumijeva.

Kako se u današnje vrijeme, ideja održivog razvoja uvelike razgranala u sva područja ljudske egzistencije: od političkog, gospodarskog, pa svakako i do najznačajnijeg - socijalnog, tako su naravno u sva tri područja razvijeni i različiti pristupi, alati i tehnike kako bi se ta ideja što uspješnije implementirala.

U ovom završnome radu fokus će biti usmjeren na jedan od najznačajnijih aspekata zaštite okoliša, a to je svakako odnos prema okolišu u okvirima industrijske proizvodnje.

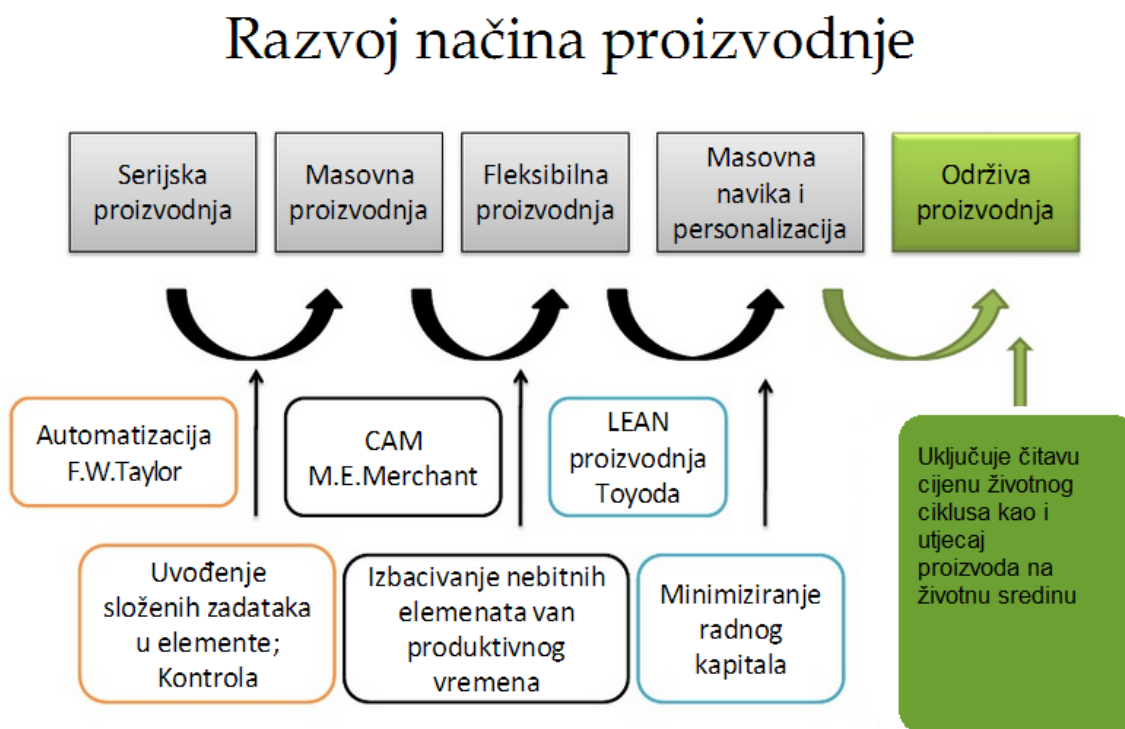
⁷ Neoliberalni kapitalizam je političko-ekonomski sustav, koji se temelji na slobodnom tržištu bez državne kontrole. U neoliberalnom kapitalizmu, stalna je tendencija prema smanjivanju državnih ovlasti. Neoliberalni kapitalizam smatra, da su privatni vlasnici uvijek bolji od gospodarenja države. Teme općeg dobra, nacije, obitelji i moralnih vrijednosti, neoliberalnom kapitalizmu u vrijeme globalizacije postaju sporedne ili čak i nebitne.

5. EKOLOGIJA U PROIZVODNJI - ODRŽIVA PROIZVODNJA

U prošlom je poglavlju na nekoliko mjesta istaknuta važnost industrijske proizvodnje kao glavnog čimbenika kako u zagađenju, tako i u zaštiti okoliša. Stoga je ovo poglavlje posvećeno upravo tom, jednom od najznačajnijih aspekata zaštite okoliša, a to je odnos prema okolišu u okvirima industrijske proizvodnje.

Današnja industrijska proizvodnja u svijetu ima znatan utjecaj na okoliš. Razne industrijske grane opterećuju okoliš emisijom štetnih tvari u zrak, tlo, vodu i mora, te negativno utječu na okoliš, biljke, životinje, ljude i ljudsko zdravlje. Kako bi se spriječio negativan utjecaj industrije na okoliš potrebno je planski gospodariti, neprestano ulagati u modernije i čistije tehnologije, te kontinuirano pratiti emisiju onečišćujućih tvari u okoliš. Tim pristupom s aspekta zaštite okoliša u industrijskoj proizvodnji se osigurava spriječavanje većih onečišćenja okoliša ili izazivanja ekoloških nesreća, a naš okoliš ostavljamo upotrebljivim i za generacije koje dolaze iza nas. Zapravo, jednom riječju tim pristupom se ostvaruje **održiva proizvodnja**.

Prema definiciji američkog ministarstva trgovine održiva proizvodnja definirana je kao: *"kreacija produkata proizvodnje, koji koriste materijale i procese koji minimaliziraju negativne utjecaje na životnu sredinu, čuvaju energiju i prirodne resurse koji su sigurni za zaposlene, društvo i potrošače, te ujedno i ekonomski pristupačni."* [9]



Slika 5.1 Razvoj načina proizvodnje [10]

Na slici 5.1 dan je prikaz razvoja industrijske proizvodnje, pri čemu vidmo kako je u današnje vrijeme najveći naglasak upravo na održivoj proizvodnji.

5.1 Industrijska ekologija [10], [11]

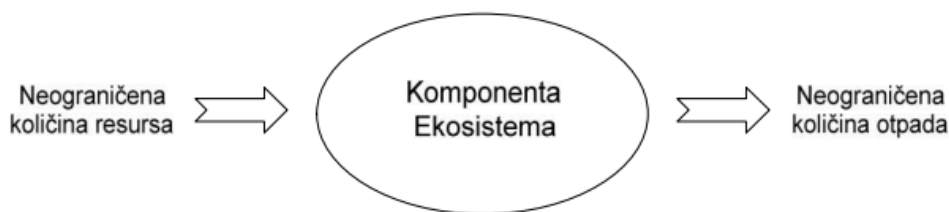
Termin *industrijska ekologija* pojavio se u razvijenim zemljama krajem 60-ih i početkom 70-ih godina prošlog stoljeća i polazi od činjenice da svaka moderna industrijska aktivnost treba objasniti svoj utjecaj na okolinu. To je novi pristup dizajnu proizvoda i proizvodnih procesa, te implementaciji proizvodnih strategija koje zadovoljavaju zahtjeve **održivog razvoja**.

Industrijska ekologija proučava fizičke, kemijske i biološke interakcije i njihove međusobne odnose unutar i između industrijskih i ekoloških sustava. Također, ona proučava kretanje mase i energije kroz industrijske sustave i njihovu transformaciju u toku proizvodnih procesa. Iako još ne postoji jedna jedina definicija industrijske ekologije koja je opće prihvaćena, većina definicija industrijske ekologije opisuje sljedeće karakteristike:

- sistematičan pogled na interakciju između industrijskih i ekoloških sustava,
- proučavanje tokova materijala i energije i njihove transformacije (industrijski metabolizam),
- multidisciplinarni pristup,
- orijentacija prema budućnosti,
- promjena od linearnih (otvorenih) procesa do cikličkih (zatvorenih) procesa, tako da otpad od jedne industrije može biti sirovina, odnosno ulaz za drugu industriju,
- reduciranje utjecaja industrijskih sustava na prirodne ekosustave,
- reduciranje utjecaja okoline industrijskih sustava na prirodne ekosustave,
- utjecaj na harmonično integriranje industrijskih aktivnosti u ekološke sustave,
- ideja stvaranja efikasnog industrijskog sustava po uzoru na održive prirodne ekosustave,
- praćenje toka teških metala kroz ekosferu, itd.

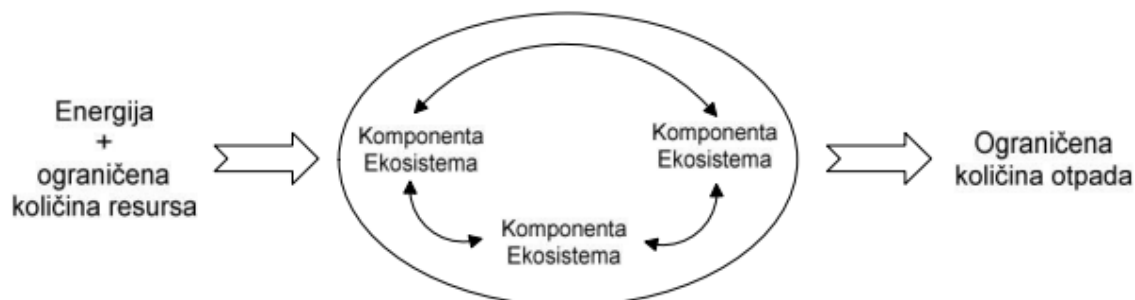
Koncept industrijske ekologije je u tome da se industrijska postrojenja tretiraju tako da se prilagode okolini, a ne da se iz nje izdvajaju. U takvom sistemu žele se optimalizirati sirovine, od početnog materijala, do završnog produkta, viška i otpada. Faktori koji se trebaju optimalizirati su sirovine, energija i kapital. Glavni je cilj da tehnologija radi s prirodom, a ne protiv nje. Industrijska ekologija je u principu "produksijska" komponenta održivog razvoja. Najvažniji aspekt ove politike je taj da otpada nema niti na jednom koraku proizvodnje jer je sav "otpad" u stvari resurs za neki drugi korak proizvodnje u nekoj drugoj industriji (poduzeću) - *ciklički sustav*. Na taj način se otpad pretvara u profit, što vodi povećanju efikasnosti procesa i smanjenom opterećenju prirodnih resursa. U tom smislu poznata su tri tipa proizvodnje koja se mogu primijeniti na pojam industrijske ekologije:

1. **Tip I** - takav sustav, prikazan shemom na slici 5.2 predstavljen je kao linearni proces u kojem materijal i energija ulaze s jedne strane sustava, te izlaze s druge strane u vidu proizvoda, nusproizvoda i otpada. Budući se otpad i nusprodukti ne recikliraju, ovaj sustav ovisi o konstantnom snabdjevanju sirovinama i energijom. No, kako prirodni resursi nisu beskonačni, a i okoliš može primiti samo konačnu količinu otpada, ovaj sustav je apsolutno neodrživ.



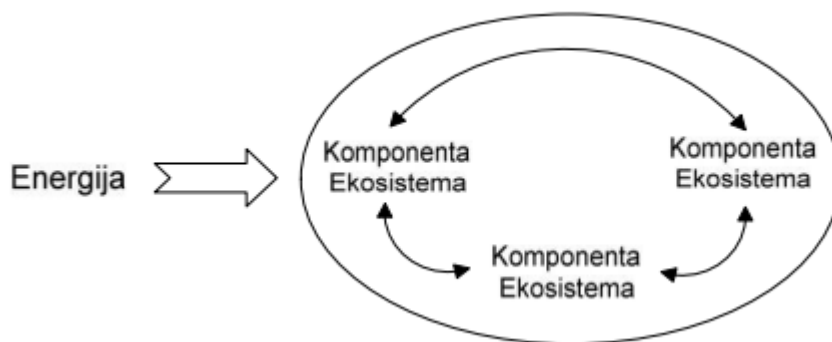
Slika 5.2 Proizvodni sustav tipa I [11]

2. **Tip II**- za razliku od sustava tipa I, sustav tipa II pretpostavlja ograničenu količinu resursa koji su na raspolaganju, te također predstavlja većinu današnjih industrijskih sustava. Dio otpada se reciklira i vraća u proizvodnju, a dio se odlaže u okoliš. Ovakav sustav predstavlja kvaziciklički tok materijala i efikasniji je od tipa I. No, nije održiv na duže vrijeme jer se tok materijala odvija u jednom smjeru.



Slika 5.3 Proizvodni sustav tipa II [11]

3. **Tip III**- ovaj Sustav tipa III predstavlja dinamičku ravnotežu ekoloških sustava gdje se energija i otpad konstantno recikliraju i ponovno iskorištavaju od strane drugih organizama i procesa u sustavu. Proizvodni sustav tipa III predstavlja održivo stanje i idealni cilj industrijske ekologije. Naravno, u praksi takav sustav nije moguć zbog degradacije materijala (konačni broj recikliranja uz zadržavanje osnovnih karakteristika materijala). Isto tako, dio energije tijekom procesa nepovratno se troši i nemoguće je svu energiju unutar sustava vratiti na ulaz. Stoga je i ovom sustavu potrebna kontinuirana opskrba energijom.



Slika 5.4 Proizvodni sustav tipa III [11]

Kako bi se dosegli gore predstavljeni ciljani modeli, stvoreni su mnogi koncepti, alati i pristupi proizvodnji. Zbog vrlo velikog broja takvih alata, koncepata i pristupa u daljnjem tekstu biti će dan tek osvrst na samo neke od najznačajnijih.

5.2 Ekološki pristup proizvodnji [12]

Koncept održive proizvodnje i njezin utjecaj može se promatrati s nekoliko različitih aspekata kao što su:

- Društveni,
- Ekonomski,
- Ekološki.

S *društvenog aspekta* primjena održive proizvodnje može pridonjeti u mnogim pogledima kao:

- smanjenje siromaštva,
- očuvanje kulture i kulturne baštine,
- obrazovanje.

S *ekonomskog aspekta* pridonosi:

- ekonomskom rastu poduzeća koja provode takvu održivu proizvodnju, a time i gospodarskom rastu same države,
- znatnom povećanje ekikasnosti,
- osiguranju stabilnosti.

I na kraju gledano s *ekološkog aspekta*, održiva proizvodnja značajno utječe na:

- smanjenje onečišćenja,
- očuvanju prirodnih resursa, te
- očuvanju biološke raznolikosti.

Kako se kroz povijest razvijala industrijska proizvodnja, tako se razvijao i problem sve većeg otpada i njegovog utjecaja na okoliš. U tu se svrhu danas ulažu veliki naponi, te razrađuju principi i alati pomoću kojih nastojimo smanjiti utjecaj industrije na okolinu. Ti će alati biti detaljnije opisani u nastavku ovog poglavlja, no da bismo shvatili na koja područja treba djelovati i kakva je praksa bila do sada, potrebno je opisati pristupe proizvodnji s obzirom na utjecaj na okoliš. Tako su danas prepoznata takva 4 različita pristupa proizvodnji: [11]

1. **Tradicionalni** pristup predstavlja način na koji smo se do sada odnosili prema okolišu kao neiscrpnom spremniku otpada. Takvo je ponašanje dovelo do stanja okoliša kakav je danas i smatra se apsolutno zastarjelim i nepoželjnim. Prakse uključuju:
 - odlaganje/razblaživanje,
 - "End-of-pipe" - obrada i zbrinjavanje otpada nakon što je već stvoren.
2. **Preventivni** pristup predstavlja moderni pristup problemu okoliša i otpada. Prepoznaje vezu između industrije i stanja resursa, potrebu njihovog efikasnijeg korištenja, te problem otpada nastoji riješiti na izvoru. Prakse uključuju:
 - čišća proizvodnja uz minimiziranje otpada,
 - sustav upravljanja okolišem (EMS - "Environmental Management System"),
 - proizvodnja fokusirana na što efikasnije iskorištavanje raspoloživih resursa.

3. **Proizvodnja fokusirana na proizvod** pokušava utjecati na okoliš kroz što efikasniji, "ekološkiji" dizajn proizvoda, te uzima u obzir njegov utjecaj na okoliš kroz čitav životni vijek. Promatraju se emisije štetnih tvari od trenutka iskopa sirovine do odlaganja iskorištenog proizvoda na otpad. Neke od metoda koje se koriste su:
- eko-dizajn,
 - eko-efikasnost,
 - LCA - "Life Cycle Assessment"⁸ (procjena životnog vijeka proizvoda),
 - LCM - "Life Cycle Management" (upravljanje životnim vijekom proizvoda).
4. **Dematerijalizacija** shvaća proizvod kao način ili put preko kojeg se potrošaču pruža neka usluga. Ako se fokus stavi na što bolje ispunjavanje te usluge, to automatski vodi boljem dizajnu proizvoda i njegovu efikasnijem korištenju kroz uporabu materijala, potrošnju energije i zbrinjavanju na otpadu.

5.3 Alati i koncepti

S razvojem ideje o održivom razvoju i industrijskoj ekologiji, nužno je razvijati alate i koncepte koji će nam pomoći u ostvarivanju konačnog cilja održivog sustava. Nadalje biti će prikazani neki od najznačajnijih alata koji se danas koriste.

5.3.1 Čistija proizvodnja [7], [13]

UNEP⁹-ova definicija čistije proizvodnje: "*Čistija proizvodnja je konceptualni i proceduralni pristup proizvodnji koji zahtijeva da sve faze životnog ciklusa proizvoda trebaju biti ciljem prevencije ili minimalizacije kratkoročnih i dugoročnih rizika po ljude i okolinu*". [12]

U suštini, čistija proizvodnja se može predstaviti kao :

- reduciranje količine proizvedenog otpada, ili izbjegavanje proizvodnje istog,
- efikasnija upotreba energije i resursa,
- proizvodnja okolišno prihvatljivih proizvoda i pružanja usluga,
- postizanje manje količine proizvedenog otpada, nižih cijena i većeg profita.

Čistija proizvodnja je sveobuhvatna preventivna strategija koja se podjednako primjenjuje na proizvodni proces, sam proizvod i uslužne djelatnosti, s ciljem povećanja efikasnosti proizvodnje i smanjenja rizika za okoliš i zdravlja čovjeka. U procesu proizvodnje, čistija proizvodnja znači efikasnije korištenje sirovina, vode i energije i sprječavanje nastajanja otpada.

⁸ ovaj alat biti će u narednom poglavlju detaljno objašnjen

⁹ UNEP - engl. *United Nations Environment Programme* - Program Ujedinjenih naroda za okoliš



Slika 5.5 Prikaz sastavnica čistije proizvodnje [7]

Konferencija Ujedinjenih naroda o okolišu, održana u Rio de Janeiru 1992. godine je kroz **Agendu 21–Plan akcije za 21. stoljeće**, istaknula čistiju proizvodnju kao najvažniju industrijsku strategiju u unapređenju kvalitete okoliša. Primjenom čistije proizvodnje povećava se efikasnost proizvodnog procesa i zadržava konkurentnost, a istovremeno se štiti okoliš. Izbjegavanje i sprečavanje nastajanja otpada na izvoru pomoću čistije proizvodnje je ključ održivog razvoja.

Danas je u industriji razvijenih zemalja čistija proizvodnja opće prihvaćena i dokazala se kao troškovno učinkovita profitabilna aktivnost i velika kompetitivna prednost za tvrtke koje ju primjenjuju. Čistija proizvodnja ne znači samo štednju sirovina i energije, ona također znači eliminaciju ili smanjenje troškova obrade otpada i njegovog krajnjeg zbrinjavanja. Ove prednosti će postati još značajnije u budućnosti, jer troškovi obrade i odlaganja otpada stalno rastu.

Utjecaj industrije na okoliš najefikasnije bi se riješio uvođenjem novih tehnologija. Međutim nove tehnologije su vrlo skupe. Zato je velika prednost čistije proizvodnje jer se primjenjuje na postojećim tehnologijama. Primjenom relativno jednostavnih organizacijskih i tehničkih mjera na postojeća (stara) industrijska postrojenja povećava se učinkovitost proizvodnje i kroz to se ostvaruju pozitivni ekonomski učinci na okoliš. Otpad je neiskorištena sirovina ili nusprodukt. Čistijom se proizvodnjom smanjuje količina otpada, troškovi za njegovu obradu, a poboljšava iskorištenje sirovine i efikasnost proizvodnje. Uz čistiju proizvodnju za istu količinu proizvoda stvori se manje otpada. Odnosno, temeljem materijalne bilance (ulaz/izlaz) to znači da se za istu količinu proizvoda upotrijebi manje sirovina, i to je bit čistije proizvodnje.

Osnovni principi vodilje strategije čistije proizvodnje su:

- **Princip predostrožnosti** – ovaj princip poziva na smanjenje unošenja antropogenih faktora u okoliš i u suštini on zahtijeva izmjenu industrijskog sistema proizvodnje i potrošnje koji se, u ovom trenutku, zasniva na prekomjernoj upotrebi materijala.
- **Princip prevencije** – prevencija je jednako važna, posebno u onim slučajevima gdje je poznato da proizvod ili proces mogu izazvati štetu. Princip prevencije se sastoji od uvođenja izmjena uzvodno u standardnoj mreži sistema proizvodnje i potrošnje.
- **Princip integracije** – integracija podrazumijeva usvajanje potpunog sagledavanja proizvodnog ciklusa, i jedna od metoda za uvođenje ovog principa je sveobuhvatna analiza životnog ciklusa proizvoda.
- **Princip demokracije** uključuje ljude, radnike i stanovnike na način na koji je organizirana proizvodnja.

5.3.2 Dizajn prihvatljiv za okoliš [7]

U literaturi se za ovaj alat mogu naći i drugi nazivi poput *eko-dizajn* i *održivi dizajn*. Dizajn prihvatljiv za okoliš pristup je osmišljavanju proizvoda tijekom kojeg se procjenjuje utjecaj proizvoda na okoliš u njegovu životnom ciklusu. Osim utjecaja na okoliš, procjenjuje se i utjecaj na zdravlje i sigurnost svih dionika, posebno potrošača.

Cilj eko-dizajna jest izbjeći, ili barem umanjiti najznačajnije štetne utjecaje proizvoda na okoliš tijekom cijelog njegovog životnog ciklusa, a da s pritom održi ili poboljša kvaliteta.

Postoje 4 razine ekološkog dizajniranja, koje se razlikuju po svojem opsegu, vremenu potrebnom za provedbu i troškovima:

- Poboljšanje postojećih proizvoda,
- Radikalno rekonstruiranje temeljeno na postojećim konceptima,
- Odabir alternativnog proizvoda,
- Razvoj novog proizvoda.

Principi eko-dizajna prisutni su u svim granama ljudske djelatnosti. Primjenjuju se u strojarstvu, arhitekturi, urbanizmu, grafičkom dizajnu, hortikulturi i sl. Bez obzira na granu djelatnosti, zajednička karakteristika je da se životni ciklus proizvoda mora sagledati kroz integralni pristup, pa u procesu poboljšanja ili dizajna novog proizvoda trebaju sudjelovati predstavnici iz razvoja i konstrukcije, marketinga i prodaje, nabave, proizvodnje i uprave. Zajednički pristup osigurava najbolji rezultat u svim aspektima poboljšanja proizvoda i njegovog utjecaja na okolinu.

5.3.3 Ekodjelotvornost

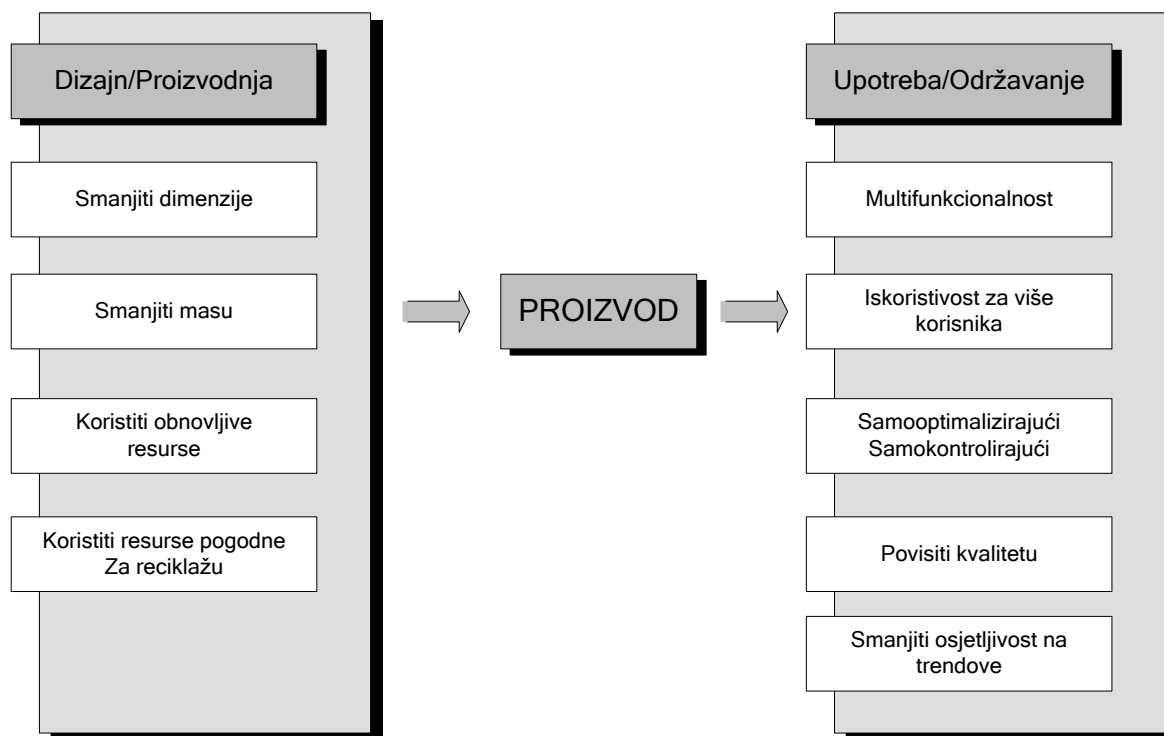
Svjetski poslovni savjet za održivi razvoj (WBCSD) organizirao je između 1993. i 1996. godine niz radionica iz kojih je proizišlo objašnjenje eko-djelotvornosti/ekoefikasnosti, koja se postiže isporukom cjenovno konkurentnih proizvoda i usluga koje zadovoljavaju potrebe ljudi i donose kvalitetu života, istodobno smanjujući ekološki utjecaj i upotrebu resursa u životnom ciklusu, najmanje do razine procijenjena Zemljina prihvata. [13]

Za razliku od većine ostalih, ovaj koncept se ne zasniva samo na redukciji količine proizvedenih otpadnih tvari i potrošnji resursa, već je težište više okrenuto ka što boljem iskorištenju resursa, ili točnije ka povećanju vrijednosti resursa koji ulaze u proces.

Prema WBCSD, kritični aspekti eko efikasnosti su:

- redukcija materijalnog intenziteta proizvoda ili usluga,
- redukcija energetskeg intenziteta proizvoda ili usluga,
- reducirano širenje toksičnih materijala,
- poboljšati recikliranje materijala,
- maksimizirati upotrebu obnovljivih resursa,
- povišiti trajnost proizvoda,
- povećati broj i kvalitetu usluga koje proizvod omogućuje.

Slika 5.6 prikazuje ključne elemente eko-efikasnosti, te je vidljivo da su oni podijeljeni u dvije faze: fazu konstrukcije i proizvodnje, te fazu upotrebe proizvoda.



Slika 5.6 Kriterij za stvaranje proizvoda prema konceptu ekodjelotvornosti [11]

Reduciranje utjecaja na okoliš izravno se prevodi u povećanje produktivnosti resursa koje tvrtke mogu pretvoriti u prednost na tržištu. Teorijski, eko-efikasnost se može definirati kao omjer ekološke dobiti i troškova proizvodnje:

$$EE = \frac{\text{Ekološka dobit}}{\text{Troškovi (ECU / kg)}}$$

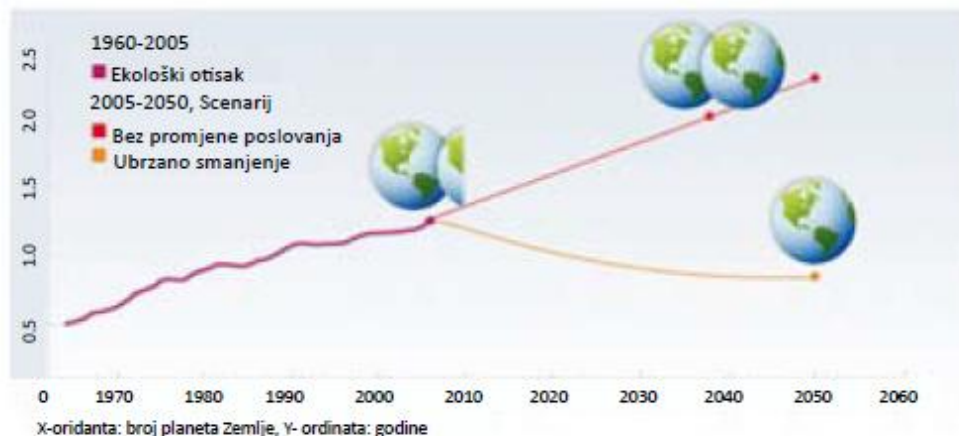
ECU = *Economic Unit* (bilo koja ekonomska jedinica)

5.3.4 Ekološki otisak [7]

Ekološki otisak (*eng. Ecological footprint*) naziv je za mjeru čovjekova iskorištavanja prirodnih dobara Zemlje preračunatu u poljoprivrednu površinu (hektare) po stanovniku, koja je potrebna za proizvodnju hrane, energije i ostalih resursa nužnih za održanje postojećega standarda života stanovništva na nekom području ili cijeloj Zemlji. Životni standard, kvaliteta života i potrošnja resursa razlikuju se od države do države, pa je i ekološki otisak različit.

Koncept potječe od Nathiasa Wackernagela, a naziv "ekološki otisak" osmislio je William Rees 1996. godine. Odnosi se i na rast potrošnje dobara i usluga što djeluju na društveni standard, pa ekološki otisak za proizvode uključuje električne i elektroničke uređaje i opremu, namještaj, hranu i odjeću itd., a za usluge obrazovanje, zdravstvo, turizam, odvodnju itd.

Cilj je ekološkog otiska mjeriti njegovu veličinu, jer se čovjek sve više pretvara u parazita na Zemlji koji stvara neravnotežu između organskoga deficita i anorganskoga suficita. U godini se troši 25% više Zemljinih resursa od bioloških kapaciteta Zemlje, čime se povećava i težina ekološkog otiska (materijalni ulazi, emisije i otpadi povezani s proizvodnjom). Tako se od 1961. do 2003. ekološki otisak utrostručio. Prema podacima iz 2006. ukupni ekološki otisak današnje populacije Zemlje procijenjen je na 1,4 Zemlje. Drugim riječima, ljudska zajednice troši resurse 1,4 puta brže nego ih Zemlja može obnoviti. Ovaj se indeks računa svake godine s odgodom od tri godine koliko je potrebno da UN sakupi, obradi i objavi podatke. Scenariji UN-a pokazuju da, nastave li stanovništvo i potrošnja rasti kao i dosad, do 2030. godine bit će nam potrebni resursi dvije Zemlje da podmiri naše jednogodišnje potrebe, što se jako dobro može vidjeti na slici 5.7.



Slika 5.7 Prikaz ekološkog otiska do 2005. godine, te scenariji od 2005. do 2050. godine [7]

Iako je ekološki otisak postao popularan termin, metode mjerenja variraju. Većina izračuna temelji se na dvije činjenice:

- možemo mjeriti količinu resursa koje koristimo, te otpada koji proizvodimo,
- ta mjerenja pretvorimo u ekvivalent korisne površine zemlje odnosno mora.

Ipak, postoje razlike u metodologiji pri izradi različitih studija ekološkog otiska. Primjeri su razlike u pristupu kako računati površinu mora, kako uzimati u obzir fosilna goriva, kako nuklearnu energiju (mnoge studiju smatraju da ima isti ekološki otisak kao i fosilna goriva). Postoje razlike u odnosu na izvore prikupljenih podataka, da li koristiti globalne ili lokalne parametre za određeno područje, kako se odnositi prema uvozu i izvozu? No, s pojavom novih standarda za ekološki otisak, metode idu prema zajedničkom rješenju.

Ekološki otisak u praksi je zapravo dobro zrcalo našeg životnog stila. Znači možemo reći da nam ekološki otisak prikazuje kako mi zaista živimo, neovisno kakvim se želimo prikazati.

U ovom poglavlju dan je samo dio najznačajnijih alata i koncepata koji se koriste u okviru ekološkog pristupa proizvodnji iz razloga što postoji još mnogo takvih alata (kao npr. Procjena okolišnih parametara- *Environmental Assessment*, MIPS- *Material Input per Unit of Service*, Nulta emisija, Ekooznačavanje ...) čije bi obuhvaćanje ili pak detaljniji opis bio preopsežan i prezahtjevan zadatak za jedan završni rad.

U sljedećem poglavlju biti će detaljnije predstavljen najznačajniji ekološki analitički alat koji je danas u upotrebi, i to u svim fazama proizvodnje - LCA ili *procjena utjecaja životnog ciklusa proizvoda na okoliš*.

6. LCA - PROCJENA UTJECAJA ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA NA OKOLIŠ

6.1 Uvod

Proizvodi, kao i biljke i životinje, imaju životni ciklus koji se sastoji od nekoliko faza. Upravo je od živih bića preuzet naziv "životni ciklus" proizvoda. Početna faza je izvlačenje sirovog materijala od kojeg će se proizvesti proizvod ("rođenje"), nastavlja se kroz proces proizvodnje i oblikovanja tog materijala u željeni oblik proizvoda ("adolescencija"), proizvod se potom distribuira do krajnjih korisnika koji ga i koriste ("zrelost") i na kraju životnog ciklusa proizvoda proizvod se odlaže u otpad ili u proces recikliranja ("smrt"). Koncept životnog ciklusa proizvoda zasniva se na tzv. principu "od kolijeve pa do groba" (engl. "cradle to grave").

Radi boljeg razumijevanja na slici 6.1 prikazan je primjer životnog ciklusa nekog materijala. Rude, sirovine i energija se crpe iz prirodnih resursa (Material Extraction) i od njih se dobivaju materijali. Od materijala se zatim raznim proizvodnim tehnologijama proizvode proizvodi (Manufacturing Production) koji se distribuiraju (Transportation), skladište, prodaju i na kraju i koriste. Proizvodi služe svojoj svrsi tijekom životnog vijeka na kraju kojeg se odlažu kao otpad. Mali dio proizvoda će se možda i naći u nekom postrojenju za reciklažu (Disposal Recycling) ili u sekundarnoj upotrebi (Utilization Reuse), no veći dio će završiti u nekom postrojenju za zbrinjavanje otpada, biti spaljen ili zakopan duboko pod zemljom. U svakom od ovih faza životnog vijeka proizvoda energija i materijali se crpe iz prirodnih resursa, a u okoliš se ispuštaju razne štetne tvari. Smanjenje "potrošnje" energije i materijala, te emisije štetnih tvari je ono na čemu se mora inzistirati ako se želi očuvati okoliš u koliko-toliko dobrom stanju.



Slika 6.1 Prikaz životnog ciklusa materijala [4]

Upravo pod tim principom "od kolijevke pa do groba" podrazumijeva se način razmišljanja koji pretpostavlja kako cijeli životni ciklus proizvoda i usluga koje se njima omogućuju, u svim njegovim fazama, osim ekonomskih, povlači i određene utjecaje na okoliš.

Na temelju toga nastala je **LCA metoda** (engl. *Life Cycle Assessment*) koja prati i dokumentira utjecaj nekog proizvoda, procesa ili aktivnosti kroz sve faze njihovog životnog vijeka na okoliš.

Utjecaj proizvoda na okoliš se očituje kroz prirodne resurse koji se troše, emisije štetnih tvari koje se generiraju, te količinu energije koja se koristi te "troši" za proizvod u svim fazama životnog ciklusa proizvoda. Utjecaji mogu biti pozitivni i negativni. Uglavnom su utjecaji negativni, osim u situacijama kada od proizvoda dobivamo "nazad" materijal ili energiju, kao što je to slučaj kod recikliranja ili spaljivanja otpada. Procjena se temelji na sakupljanju i ocjenjivanju podataka o količini energije i materijala koji se troše i dobivaju iz materijala tijekom jednog životnog vijeka proizvoda. Za svaku fazu životnog vijeka prikupljaju se ulazni i izlazni podaci. Transport je također uključen kako unutar pojedinih faza tako i samostalno kao dio životnog vijeka. Opći podaci o proizvodnji materijala, energiji i procesima transporta nalaze se u LCA bazama podataka pomoću koje se izračunava sav proizvedeni otpad i emisije.

Procjena utjecaja životnog vijeka proizvoda na okoliš se može opisati kao suma utjecaja sljedećih koraka:

- izvlačenje važnih sirovih ruda,
- prerada i pretvorba tih ruda u materijal pogodan za obradu,
- proces proizvodnje samih proizvoda,
- transport i distribucija proizvoda,
- korištenje i rad proizvoda tijekom cijelog životnog vijeka,
- na kraju korisnog života, transport, obrada i tretman otpada. [14]

Svaki proces na kraju životnog vijeka proizvoda (recikliranje, spaljivanje,...) bi trebao omogućiti ponovno dobivanje jednake količine energije i materijala koliko se na taj proizvod potrošilo.

6.2 Povijesni razvoj LCA metode [4], [14], [15]

LCA analiza pojavljuje se 1963. godine u SAD-u. Do 1990. godine ova metoda razvijala se i primjenjivala u raznim institucijama koje su raznim metodama dolazile do podataka koji su bili iskazani nekompatibilnim jedinicama.

Prve analize rađene su za poduzeće *Coca-Cola* u svrhu procjene ekološkog utjecaja ambalaže. Tada je ta metoda bila poznata kao REPA¹⁰, a cilj analize je bio smanjenje potrošnje energije i materijala, kao i uspješnija reciklaža otpada. Tada se u Europi razvijala slična metoda zvana *Ecobalance*. Kasnije su se razvijali raznorazni protokoli koji su sadržali niz pretpostavki koje će od strane EPA¹¹ - agencije za zaštitu okoliša vlade SAD-a biti prihvaćeni. Primarni cilj bio je ušteda energije i smanjenje emisije stakleničkih plinova, te poticanje korištenja proizvoda koji štede energiju. Naravno to će se kasnije pokazati kao ključan razlog nastajanja najboljih i najtočnijih rezultata. Već početkom 80-tih godina provodi se LCA analiza na ambalaži u nekim Europskim zemljama. Rezultati su bili nepouzdati zbog različitih podataka koji su se teško dali usporediti.

¹⁰ Resource and Environmental Profile Analysis

¹¹ Environmental Protection Agency

Nakon 1990. godine na konferenciji SETAC¹² (*Međunarodno udruženje kemičara i toksikologije*) došlo je do sjedinjenja različitih analiza. Na konferenciji SETAC 1992. godine, stvaraju se smjernice za provođenje LCA analize, te je konačno 1997. godine izdan standard ISO 14041, 14042, 14043. Niz autora objavio je principe, iskustva, metodologije i postupke ove metode, uključujući i sisteme za ostvarivanje ove analize. Time su stvoreni okviri unutar kojih se LCA analiza i danas provodi.

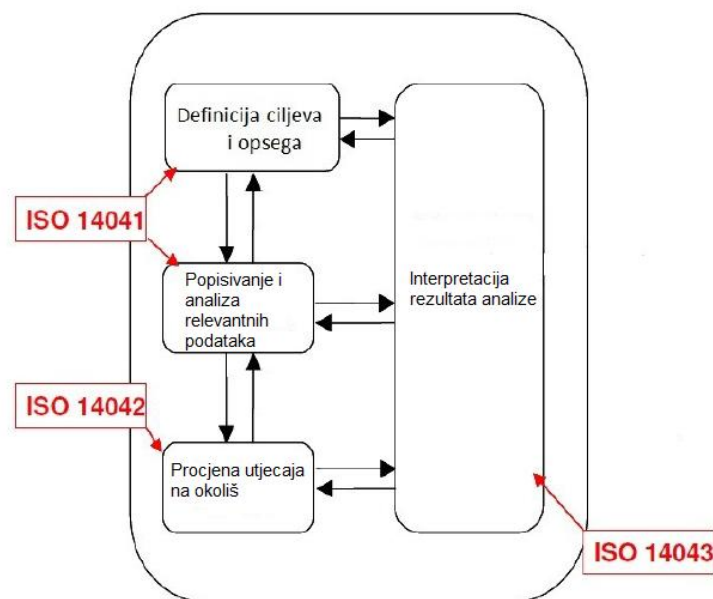
6.3 LCA u skladu sa serijom standarda ISO 14000 [16]

Međunarodna organizacija za normizaciju odigrala je najznačajniju ulogu u objedinjavanju različitih škola i pristupa provođenju LCA analize. Standard ISO¹³ 14040 daje metodološko uputstvo za ocjenjivanje životnog ciklusa proizvoda. On se može efikasno primijeniti za sagledavanje i planiranje složenog postupka ocjenjivanja životnog ciklusa svakog proizvoda ili procesa.

LCA metodu definira serija standarda ISO 14040: [15]

- ISO 14040: Opće smjernice za ocjenjivanje utjecaja proizvoda na okolinu (1997.),
- ISO 14041: Procjena životnog ciklusa — Definiranje cilja i opsega, popisivanje i analiza relevantnih podataka (1998.),
- ISO 14042: Procjena životnog ciklusa — Procjena utjecaja na okoliš (2000.),
- ISO 14043: Procjena životnog ciklusa — Interpretacija rezultata analize (2000.),
- ISO 14044: Procjena životnog ciklusa — 2006 ISO 14040,14041,14042 i ISO 14043 objedinjeni su pod normom 14044.

Važno je napomenuti kako ISO 14040 ne definira detaljno provedbu LCA analize u konkretnim slučajevima, već daje općenite smjernice i upute.



Slika 6.2 Prikaz modela LCA analize u okviru ISO serija normi 14040 [16]

¹² Society of Environmental Toxicology and Chemistry

¹³ International Organization for Standardization

6.4 Zašto koristiti LCA metodu? [4], [14]

Procjena utjecaja životnog ciklusa proizvoda na okoliš može pomoći u pronalasku rješenja za smanjenje utjecaja na okoliš i smanjivanje troškova. Sve se više u svijetu pridodaje važnost procjenjivanju sveukupnog utjecaja proizvoda, procesa i usluga na okoliš, kao i potrebi za smanjenjem zagađenja i iskorištavanja prirodnih izvora. LCA pruža sredstva za provođenje takvih procjena. U razvijenim zemljama, vlade se koriste raznim načinima da pokušaju smanjiti negativan utjecaj na okoliš. Jedan od načina smanjenja utjecaja proizvoda na okoliš je nagrađivanje raznih proizvoda (Eko-oznake), koje se dodjeljuju ako proizvodnja i upotreba tog proizvoda ima jako mali štetan utjecaj na okoliš.

Cilj je takvih nagrada promjena načina razmišljanja kupaca kada biraju proizvod koji žele kupiti, ali i konstruktora kada konstruiraju novi proizvod. Sve se više proizvođača hvali svojim "zelenim" proizvodima koji nisu štetni za okoliš jer znaju kako se kod sve većeg broja ljudi u svijetu budi svijest o očuvanju okoliša. U Europskoj Uniji nagrada za takve proizvode se zove "Eko-oznaka" (eng. "Eco-Label") i LCA predstavlja osnovu za donošenje odluke o tome koji proizvod zaslužuje tu titulu. Također, svaka konkurentna kompanija želi dobiti certifikat o menadžmentu koji brine za okoliš (npr. BS EN ISO 14001), a da bi to postigla može odabrati LCA kao metodu da bi identificirala svoje komponente koje najviše štete okolišu i na taj način provodila program kontinuiranog napretka.

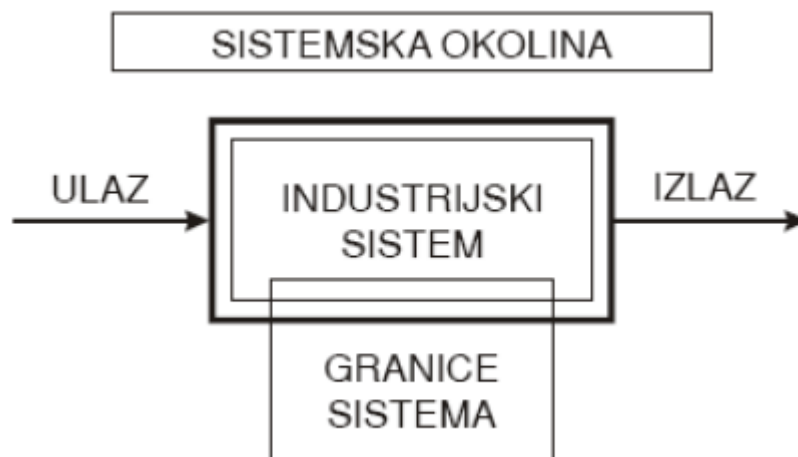
6.5 Osnovna obilježja i principi LCA metode [16]

Prema prihvaćenim standardima, **ključna obilježja** LCA analize su:

- LCA analize trebaju sustavno i primarno odrediti ekološke aspekte sustava proizvoda i dobivanja sirovina,
- nivo temeljitosti i vremenski okvir LCA analize mogu se mijenjati u velikom rasponu, prema definiranom cilju i predmetu analize,
- predmet, pretpostavke, nivo kvalitete podatka, metoda i izlaz LCA analize moraju biti pregledni. LCA analize trebaju razmatrati i dokumentirati izvore podataka i jasno ih prikazati,
- LCA metoda treba biti dostupna novim egzaktnim otkrićima i poboljšanjima na nivou suvremenog stanja tehnologije,
- kod primjene LCA analize, specifični zahtjevi se primjenjuju za stvaranje uspoređujućih proizvoda, koji su dostupni javnosti,
- rezultate LCA analize ne treba reducirati na jednostavne podatke i brojeve, jer u raznim fazama životnog ciklusa su važni razni odnosi i pripajanja analiziranih sustava,
- ne postoji jedinstvena metoda za pripremu LCA analize. Prema međunarodnom standardu pojedine organizacije trebaju fleksibilno koristiti LCA na osnovu specifične primjene i zahtijeva korisnika.

Glavni principi LCA metode su:

- jasno definirati ciljeve i obujam analize još prije početka same analize, od kojih se onda odvijaju svi sljedeći koraci. Od točno i jasno definiranih ciljeva zavisi kvaliteta analize,
- jasno definirane granice sustava. Granice bi trebale obuhvatiti sve što je potrebno analizirati u svakoj fazi životnog ciklusa proizvoda. Svaki industrijski sustav je reprezentiran granicom koja ograničava aktivnosti, koje su predmet interesa. Prostor izvan granice – okolina sustava – služi kao izvor ulaza u sustav i prihvatni element izlaza iz sustava (prikazano na slici 6.3). Određivanje granica sustava je najvažniji zadatak na početku LCA, jer su pogrešne interpretacije izvor najvećih grešaka,
- izbjeći višestruko kalkuliranje istih stavki, kao što su potrošnja energije, materijala i produkcije otpada ili zagađenja,
- održati koegzistenciju pri formiranju katastarske baze podataka. Jedinice moraju biti usporedive i primjenjivane na odgovarajućim mjestima,
- obuhvatiti energetska vrijednost materijala i proizvodnu vrijednost energetskih izvora,
- kod prikupljanja podataka za LCA, neophodno je uzimati u obzir sljedeće faktore:
 - prikupljanje podataka je vremenski najzahtjevniji dio analize,
 - mnogi podaci su skriveni, tako da je vrlo teško doći do njih,
 - javno dostupni podaci (publikacije) su većinom zastarjeli, ne sadrže zahtijevane detalje i ne održavaju važne trendove proizvodnje i tehnologije,
 - potrebno je što brže i točnije prikupiti podatke potrebne stručnjacima za analize.



Slika 6.3 Granice industrijskog sustava (prema SETAC) [14]

6.6 Faze LCA metode [15], [17]

Shemom na slici 6.2 prikazana je osnovna struktura LCA metode. Iz te sheme vidljivo je da se struktura metode sastoji od 4 osnovna koraka (faze), a to su:

- definiranje svrhe (ciljeva) i opsega provedbe LCA analize,
- faza popisivanja i analiziranja relevantnih podataka,
- određivanje utjecaja na okoliš,
- interpretacija.

Svaka od faza biti će opisana u kratkim crtama u daljnjem tekstu.

6.6.1 Definiranje svrhe i opsega provedbe LCA analize

Definiranje svrhe je prvi korak ka sigurnoj i točnoj provedbi LCA analize. Najvažnije stavke prilikom definiranja svrhe su: [16]

- razlog za pokretanje LCA su problemi koji zahtijevaju rješenja u najkraćem roku,
- precizan opis proizvoda, njegovog životnog ciklusa i njegove svrhe postojanja,
- u slučaju usporedbe proizvoda neophodno je definirati komparativne baze podataka,
- zahtjevi koji se odnose na LCIA¹⁴ proceduru, i koji se mogu iskoristiti u naknadnoj interpretaciji rezultata,
- način na koji će rezultati biti predstavljeni određenom auditoriju,
- vrsta i oblik izveštaja potrebnog za studiju.

Zadaća definicije opsega analize jest identificiranje predmeta analize, kao i definiranje granica koje će obuhvatiti sve ono što je bitno, odnosno ono što je definirano svrhom analize. U okviru toga provode se slijedeći koraci:

1. Definiranje objekta analize
2. Definiranje funkcionalne jedinice
3. Razmatranje granica sustava promatranog proizvoda

6.6.1.1 Definiranje objekta analize

Ovim korakom obuhvaćeno je odabiranje odgovarajućeg referentnog proizvoda za usporedbu, nadalje razmatra se utrošak vremena i financijskih sredstava nužnih za provedbu analize, te tko su ciljani korisnici rezultata analize.

6.6.1.2 Definiranje funkcionalne jedinice

Funkcijska jedinica predstavlja referentan parametar LCA analize, a određuje ga usluga koju pruža neki proizvod. Ona mora uključivati kvantifikaciju usluge koju proizvod pruža, što je potrebno da bi se osigurala usporedivost rezultata analize, te svakako mora odrediti vrijeme trajanja usluge. Također postoji i kvalitativna komponenta unutar funkcijske jedinice, koja određuje razinu kvalitete usluge, a služi za usporedbu sa proizvodom slične razine kvalitete.

¹⁴ LCIA- Life Cycle Impact Assessment- određivanje utjecaja na okoliš

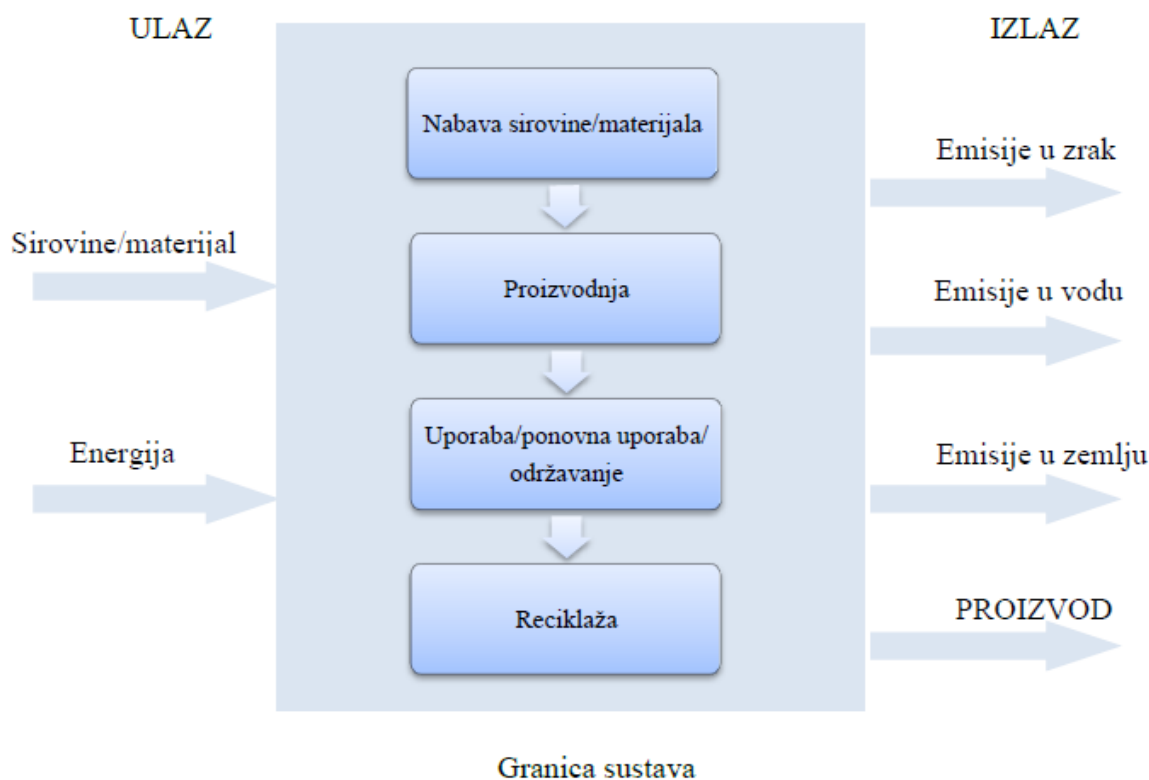
6.6.1.3 Razmatranje granica sustava promatranog proizvoda

Čak i najjednostavniji proizvod prolazi kroz relativno velik broj procesa. Međutim, rijetko će se u analizi obuhvatiti cijeli proizvodni sustav, već se postavljaju granice sustava s obzirom na specifične potrebe analize. Razmatraju se pripadajući procesi u okviru faza životnog ciklusa proizvoda koji će analizom biti obuhvaćeni, te u skladu s time i vremenske te zemljopisne granice unutar kojih će se procjenjivati utjecaj promatranog proizvoda, te specifičnosti okoliša koje je nužno uzeti u obzir.

6.6.2 Faza popisivanja i analiziranja relevantnih podataka

Ova faza poznata je i pod nazivom **LCI** (engl. *Life Cycle Inventory analysis*) a sadrži skupljanje podataka i postupke proračuna za brojčano iskazivanje važnih ulaza i izlaza sustava proizvoda. Ovi ulazi i izlazi mogu biti primjena izvora sirovina, energije i štetnih emisija u okolinu povezanu sa sustavom, kao što je to prikazano slikom 6.4. Ovi podaci čine i ulaz za ocjenjivanje utjecaja životnog ciklusa.

Sustav proizvoda je skup elementarnih procesa i funkcija proizvoda spojenih tokovima materijala, energije ili informacija između pojedinih dijelova proizvoda, koji imaju jednu ili više definiranih funkcija.



Slika 6.4 Faza analiziranja i popisivanja relevantnih podataka [14]

Faza popisivanja obuhvaća 3 bitna koraka:

1. Prikupljanje i sređivanje podataka
2. Alokacija (dodjeljivanje utjecaja odgovarajućim procesima)
3. Procjena neizvjesnosti i osjetljivosti

6.6.2.1 Prikupljanje i sređivanje podataka

Skupljanje podataka i postupci proračuna svakog procesa obuhvaćenog u unutrašnjem dijelu granica sustava moraju biti prikazani. Tu se moraju sakupiti kvalitativni i kvantitativni podaci. Ovo čini popis važnih ulaza i izlaza sustava proizvoda. Postupci koji se koriste za sakupljanje podataka mogu ovisiti o ostalim dijelovima analize, kao što su cilj, primjena, itd.

Sakupljanje podataka je, u osnovi, značajan proces. Praktična ograničenja kod sakupljanja podataka se moraju procijeniti u predmetu i dokumentirati u izvještaju analize.

6.6.2.2 Alokacija

U sustavu određenog proizvoda vrlo često se javljaju procesi koji doprinose ostvarivanju više različitih funkcija proizvoda, te pitanje koje se postavlja u tom slučaju jest: Kojoj funkciji, procesu ili podprocesu promatranog proizvoda valja dodjeliti određeni utjecaj na okoliš, proizašao kao posljedica spomenutog procesa.

Načelno postoje dva načina na koji proces može doprinijeti nastanku više od jedne usluge:

- u slučaju da više proizvoda nastaje iz istog procesa,
- u slučaju uporabe materijala ili podsklopa proizvoda.

6.6.2.3 Procjena neizvjesnosti i osjetljivosti

Sve prikupljene podatke, te rezultate istraživanja koji će biti korišteni tijekom daljnje provedbe LCA analize potrebno je podvrgnuti analizi osjetljivosti ("*Sensitivity analysis*"), kako bi se procijenile varijabilnosti uzrokovane nekim nekontroliranim uplivima. (npr. pogreške u pisanju i sl.) [14]

Prilikom prikupljanja i procesuiranja traženih podataka pažnju treba usmjeriti na slijedeće značajke:

- ispravnost,
- pouzdanost,
- upotrebljivost,
- starost,
- preciznost,
- izvor.

6.6.3 Određivanje utjecaja na okoliš - LCIA

Ocjenjivanje utjecaja životnog ciklusa **LCIA** (*Life Cycle Impact Assessment*) je treća faza procjene utjecaja životnog ciklusa proizvoda. LCIA usmjerena je na procjenu doprinosa na udarne kategorije kao što su globalno zagrijavanje, zakiseljavanje i dr.

Procedura provođenja LCIA faze je slijedeća:

1. Klasifikacija utjecaja na okoliš
2. Karakterizacija utjecaja na okoliš
3. Normiranje utjecaja na okoliš - normalizacija
4. Mjerenje jačine utjecaja na okoliš ("weighting")



Slika 6.5 LCIA faza [4]

6.6.3.1 Klasifikacija

Provodi se grupiranje prikupljenih podataka tijekom prijašnjih koraka, s obzirom na vrstu utjecaja na okoliš.

6.6.3.2 Karakterizacija

U ovom koraku su izračunati potencijali utjecaja na temelju rezultata LCI. Karakterizacija stavlja različite količine tvari u isto mjerilo, što omogućuje određivanje utjecaja koji svaka od njih ima na neku kategoriju utjecaja.

6.6.3.3 Normalizacija

Ovaj korak služi kako bi se indikatori utjecaja mogli uspoređivati unutar kategorija utjecaja. Normalizacija također daje osnove za usporedbu različitih kategorija tipova utjecaja na okoliš (svi učinci moraju dobiti istu jedinicu).

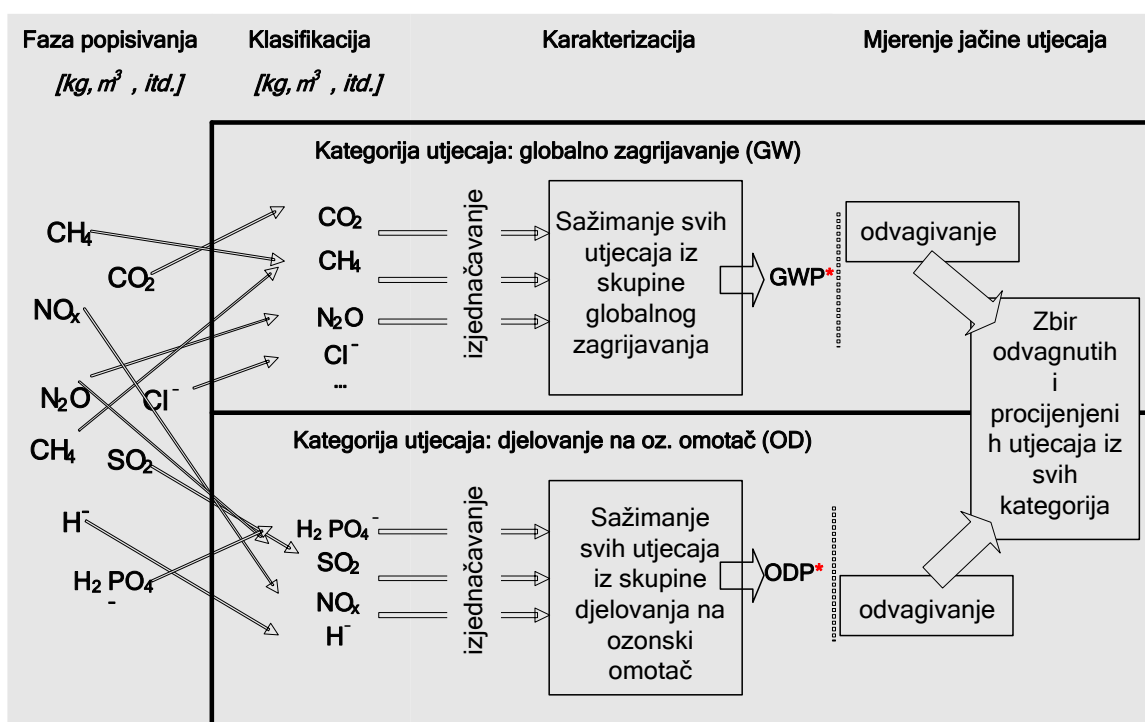
6.6.3.4 Mjerenje jačine utjecaja na okoliš

Tek nakon izvršenja normalizacije moguće je prijeći na sljedeći korak, a to je mjerenje jačine utjecaja ili "weighting". Zadavanje težine podrazumijeva dodjeljivanje težinskog faktora utjecaja za svaku kategoriju, ovisno o njenoj relativnoj važnosti. Znači, to je kvantitativna usporedba značajnosti (ozbiljnosti) različitih utjecaja promatranog proizvoda.

Pojedine aspekte utjecaja na okoliš je nemoguće izraziti točnim brojkama, recimo potrošenu energiju ili iskorištavanje prirodnih izvora, zato jer ne postoji sustav vrednovanja svih oblika energije koji se troše. Na primjer, nitko ne može izračunati koliko točno energije je potrošio radnik pri proizvodnji 1 kilograma nekog proizvoda, ili koliki je točno udio svjetske zalihe neke rude potrošen za pojedini proizvod. No može se približno ocijeniti međusobni odnos dva različita proizvoda i na taj način odlučiti koji zahtjeva manje energije ili materijala.

Procjena utjecaja životnog vijeka proizvoda na okoliš se temelji na usporedbi različitih situacija i rješenja i odabiranja manje štetnih.

Cijela bi se provedba LCIA faze mogla prikazati sljedećom slikom:



Slika 6.6 Određivanje utjecaja na okoliš [15]

6.6.4 Interpretacija rezultata [15], [17]

To je ujedno i posljednja faza u provedbi LCA analize. Cilj interpretacije životnog ciklusa je analiza rezultata, ostvarenih zaključaka, objašnjenje ograničenja i pružanje preporuka na temelju dobivenih rezultata analize. Zadatak interpretacije životnog ciklusa je pružiti i jasno prihvatljivu ponudu i jedinstvenu prezentaciju rezultata LCA analize, u skladu sa definiranim ciljem i predmetom analize.

Definiranje cilja i opsega, te interpretacijska faza ocjenjivanja životnog ciklusa čine okvir analize, dok prethodne faze LCA analize (LCI i LCIA) daju informacije o sustavu proizvoda.

Interpretacijska faza životnog ciklusa u analizi LCA ili LCI se sastoji iz sljedećih elemenata:

1. Identifikacija značajnih problema zasnovana na rezultatima faza LCI i LCIA u LCA analizi.
2. Vrednovanje
3. Zaključci, preporuke i davanje izvještaja o značajnim problemima.

6.6.4.1 Identifikacija značajnih problema

Identifikacija značajnih problema je izdvajanje onih rezultata dobivenih analizom koji u većoj mjeri odstupaju od pretpostavljenih granica unutar kojih je rezultat te analize zadovoljavajuć.

Cilj identifikacije je ostvariti strukturalni pristup ka naknadnom vrednovanju podataka, informacija i ustanovljavanje analiza.

6.6.4.2 Vrednovanje

Cilj elementa vrednovanja je odrediti i povećati povjerenje i pouzdanosti rezultata analize, uključujući značajne probleme identificirane u okviru prvog elementa interpretacije. U toku vrednovanja moraju se osigurati sve informacije i podaci iz svih faza i njihova dostupnost interpretaciji. Podaci moraju biti potpuni jer oni osiguravaju da se ne izostave neki glavni, poznati aspekti.

Također, u ovom koraku je važno određivanje utjecaja raznih pretpostavki, metoda i podataka na rezultate.

6.6.4.3 Zaključci

Kao posljednji korak u interpretaciji, a time ujedno i posljednji korak u provedbi LCA analize navodi se donošenje zaključaka, izvještaja ili odluka vezano uz svrhu provedene analize.

6.7 Ograničenja LCA metode [18]

Kao i svaki drugi alat bilo koje vrste i namjene, LCA analizu uz mnoge prednosti karakteriziraju i neke mane. U ovom dijelu nabrojat ćemo neke opće poteškoće i ograničenja pri korištenju navedenog alata:

- Troškovi izvođenja LCA metode mogu biti značajni za mala poduzeća.
- Dostupnost i kvaliteta podataka.
- Vrijeme potrebno za izvođenje analize može prelaziti rokove razvoja proizvoda, naročito kod kratkih razvojnih ciklusa.
- Složeni proizvodi (npr. automobili) traže opsežne analize.
- Dostupnost podataka i pristup mogu biti ograničavajući. (npr. vlasništvo nad podacima)
- Problemima kao što su prostranost, točnost, preciznost i potpunost ne pristupa se uvijek na najbolji način.
- Složeni modeli i parametri modela za procjenjivanje trošenja resursa, te zdravlja ljudi i ekosustava ne moraju biti raspoloživi, ili njihova sposobnost predstavljanja proizvodnog sustava može biti izrazito netočna. (Analize neizvjesnosti se često ne provode)
- Donositeljima odluka u projektiranju često nedostaje poznavanje djelovanja na okoliš.
- Tehnike grupiranja i pojednostavljenja mogu iskriviti rezultate.
- Sinteza kategorija djelovanja na okoliš je ograničena zato jer su one neusporedive.

No, bez obzira na navedene nedostatke, LCA analiza danas predstavlja najbolji alat za procjenu cijelog životnog ciklusa promatranog proizvoda.

U sljedećem poglavlju dat će se pregled najpoznatijih specijaliziranih računalnih programa zaduženih za provedbu LCA analize, čijim se uvođenjem značajno skraćuje vrijeme potrebno za izvođenje analize.

7. RAČUNALNE APLIKACIJE KOJE SE KORISTE U OKVIRU LCA

Danas postoje različiti programski sustavi, koji su namijenjeni različitim tipovima korisnika (LCA eksperti, inženjeri dizajna, inženjeri zaštite životne sredine itd.), i koji su dizajnirani za različite tipove LCA.

Neki od njih su: [16]

- Bees 4.0 (NIST – National Institute of Standards and Technology),
- EcoCalculator (The Athena Institute),
- ECO-it 1.3 (Pré Consultants BV),
- EcoLab version 5.1.2 (Nordic Port AB),
- EDIP PC-tool version 2.11 beta (Danish Environmental Protection Agency),
- GaBi 4 (PE Product Engineering GmbH),
- JEMAI-LCA (JEMAI, Japan Environmental Management Association for Industry),
- KCL Eco 4.1 (KCL, Finnish Pulp and Paper Research Institute),
- LCAiT 4 (Chalmers Industriteknik, Ekologik),
- PEMS v4.6 (Pira International),
- Sima Pro 7.1 (Pré Consultants BV),
- SPINE@CPM Data Tool 3.0 (CPM),
- TeamTM 3.0 (ECOBILAN SA, Member of PriceWaterhouseCoopers),
- Umberto 3.5 (IFU Institut für Umweltinformatik, Hamburg GmbH).

Broj računalnih aplikacija iz područja procjene utjecaja životnog ciklusa proizvoda na okoliš konstantno raste. Postoje i brojne aplikacije koje su specijalizirane za određeno područje primjene. Tako je, na primjer softver KCL-LCA specijaliziran za LCA analize u industriji papira.

Prilikom izrade primjera u ovom završnom radu biti će korištena aplikacija SimaPro 7.3.3 (*System for Integrated environmental Assessment of **PROD**ucts*) tako da će u nastavku biti dan njezin opis rada.

7.1 SimaPro računalna aplikacija [16], [19]

Ova aplikacije proizvod je programerske tvrtke *PRé Consultants*, koja je specijalizirana za izradu računalnih programa na području poboljšanja proizvoda i proizvodnje, bazirajući svoj rad na konceptu životnog ciklusa proizvoda.

SimaPro 7 je softverski alat koji omogućava prikupljanje, analizu i monitoring ekoloških karakteristika proizvoda. Pomoću njega, korisnik može lako modelirati i analizirati cjelokupni životni ciklus proizvoda na sistematičan i transparentan način, prateći zahtjeve serije standarda ISO 14040 .

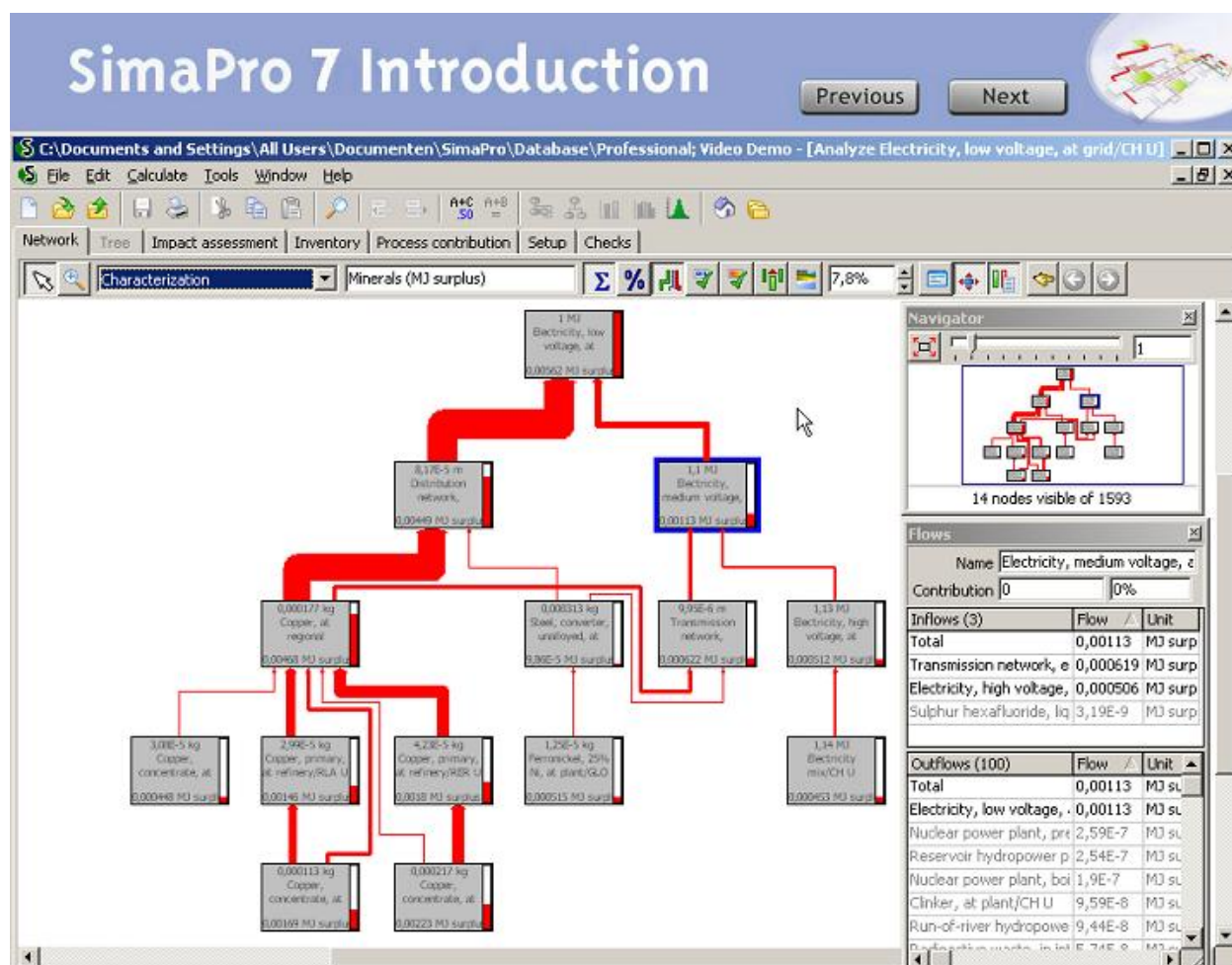
Sima Pro posjeduje karakteristike koje se mogu očekivati od jednog profesionalnog LCA softverskog proizvoda :

- dostupnost u više verzija u zavisnosti od potreba korisnika,
- intuitivno korisničko sučelje prema zahtjevima ISO 14040,
- lako modeliranje pomoću vodiča (wizards-a¹⁵),

¹⁵ Wizard predstavlja određenu vrstu sučelja između korisnika i samog programa, koje korisniku pruža mogućnost unosa podataka o proizvodu prema kojima Wizard automatski modelira životni ciklus promatranog proizvoda, te omogućuje postizanje traženih rezultata.

- parametarsko modeliranje s analizom scenarija,
- hibridna LCA analiza s fleksibilnom bazom podataka,
- direktno povezivanje sa Excel ili ASP bazama podataka,
- direktan utjecaj na rezultate proračuna za svaku fazu životnog ciklusa modeliranog proizvoda,
- svi rezultati u jednom odgovarajućem prozoru,
- interaktivna analiza rezultata,
- grupiranje rezultata,
- analiza kritičnih točaka; pomoću stabla procesa se identificiraju kritične točke,
- velika mogućnost filtriranja svih podataka,
- analiza procesa tretmana otpada i scenarija reciklaže.

Otvorena arhitektura SimaPro 7 čini ovaj program fleksibilnijim. Ovo je veoma bitno jer eko-balans kao jedna nova metoda, konstantno prolazi kroz promjene u toku razvoja. Transparentnost rezultata balansiranja je još jedna prednost SimaPro-a, jer sada se mogu računati balansi do različitih razina detaljnosti, što omogućava lakšu identifikaciju slabih točaka, i kao dodatak, rezultati balansa mogu se pratiti unazad do individualnih procesa u okviru procesnog stabla, prikazanog na slici 7.1. Pri čemu na slici debljina linije ukazuje na važnost i veličinu utjecaja pojedinog podprocesa.



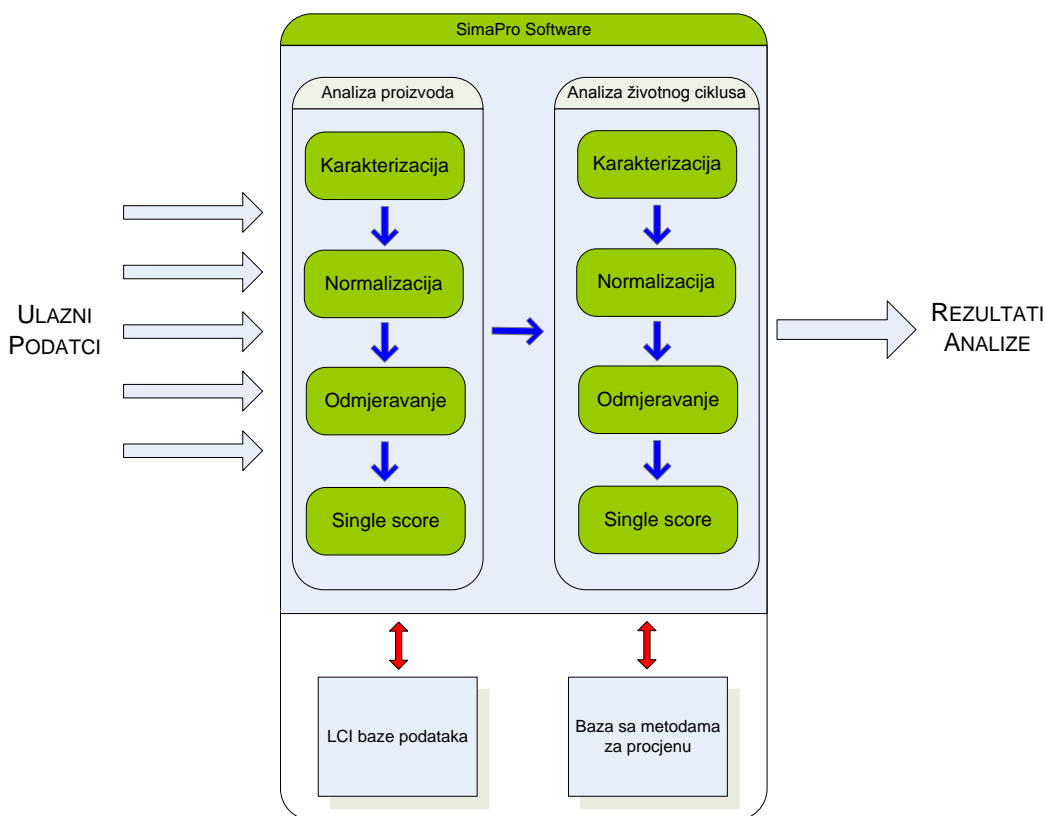
Slika 7.1 Izrada procesnog stabla u SimaPro aplikaciji [20]

SimaPro omogućuje rad u 3 različite verzije, ovisno o potrebama i ciljevima korisnika: [20]

1. **SimaPro Compact** - ova verzija je namenjena korisnicima čiji su glavni kriteriji brzo i lako učenje i brza analiza. Ova verzija ima sve predispozicije za izvršavanje kompletne LCA analize. Za specijalizirane zadatke, kao što su parametarsko modeliranje ili analiza scenarija, preporučuje se verzija Analyst.
2. **SimaPro Analyst** - za korisnike čiji su glavni kriteriji naprednije osobine, transparentnost i fleksibilnost preporučuje se verzija Analyst. Namijenjena je ekspertima u području LCA analize koji žele imati pristup i najsitnijim detaljima svoje analize. Ova verzija podržava parametarsko modeliranje i analizu scenarija. Za one koji žele sami kreirati svoje wizards-e ili biti povezani i sa drugim softverskim alatima, preporučuje se verzija Developer.
3. **SimaPro Developer** - ova verzija je namijenjena ekspertima u ovom području. Verzija ima iste osobine kao verzija Analyst, s tom razlikom što je omogućeno povezivanje sa Excel/ASP i dodane su opcije Wizard writing i COM sučeljem¹⁶. Pored svih navedenih karakteristika, sve komercijalne verzije sadrže opsežnu bazu podataka s preko 4000 procesa. Ova baza se kreira prema zahtjevima naručitelja.

7.2 Princip rada SimaPro računalne aplikacije

Slikom 7.2 shematski je prikazan princip rada ove aplikacije.



Slika 7.2 Shematski prikaz principa rada SimaPro aplikacije [15]

¹⁶ Služi za povezivanje s drugim računalnim aplikacijama (npr. CAD aplikacije)

Pri tome su ulazni podaci oni podaci koje definira i unosi korisnik, a to su:

- definirana funkcionalna jedinica,
- definirana svrha i cilj provođenja analize,
- definirane granice sustava promatranog proizvoda, te
- podaci o proizvodu i svim relevantnim procesima vezanim uz njega.

Izlazni podaci, odnosno rezultati analize u okviru SimaPro računalne aplikacije proračunavaju se prema metodi ekoloških indikatora¹⁷ i prikazuju u obliku dijagrama ili tablica za svaki od četiri standardna koraka LCA analize.

Najvažniji i najvrijedniji dio SimaPro aplikacije, pa tako i ostalih LCA računalnih aplikacija jesu baze podataka i baze metoda za procjenu.

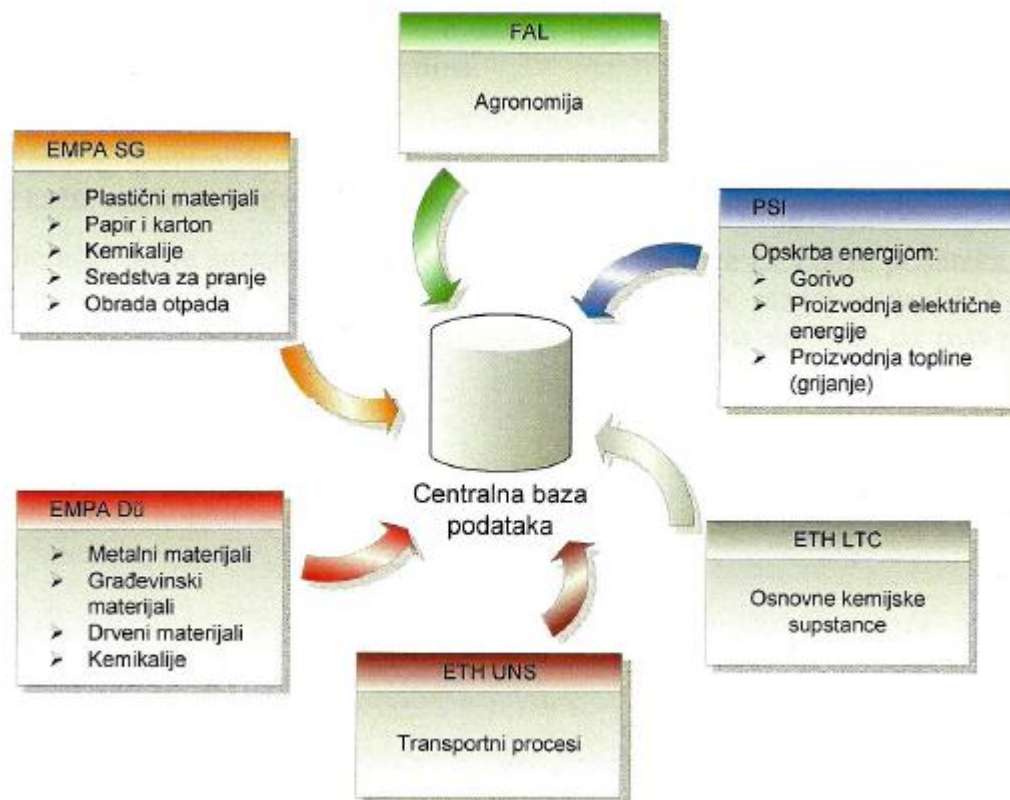
Neke od baza podataka su:

- US Input Output (IO) 98,
- Danish Input Output 99,
- INDUSTRY DATA
- LCA food,
- ETH-ESU 96,
- BUWAL 250,
- IDEMAT 2001,
- FRANKLIN USA 98,
- Data archive,
- Japanese input output database,
- IVAM database,
- Ecoinvent v2.

Baze podataka predstavljaju popise raznih podataka o pojedinim materijalima i/ili procesima. Vrlo često su u sklopu baza podataka razvijene i njihove vlastite metodologije u pristupu obradi podataka. Problem sa bazama podataka jest u tome što se u sklopu svake podaci opisuju i definiraju na različite načine. [15]

SimaPro aplikacija dolazi sa cjelovitom "*Ecoinvent*" bazom podataka koja pokriva preko 4000 procesa. Ta baza podataka je rezultat velikog napora Švicarskih instituta s ciljem poboljšanja i integracije prije navedenih baza podataka kao što su ETH-ESU 96, BUWAL 250 i još nekoliko drugih. Tako ta baza predstavlja trenutno najveću LCI bazu podataka, te okuplja stručnjake sa vrlo širokog područja djelatnosti, što vrlo dobro može vidjeti na slici 7.3.

¹⁷ Eko indikator metodologija obuhvaća mjerenje utjecaja proizvoda na okoliš iz podataka procjene LCA. Ideja o eko indikatorima nastala je u nizozemskom ministarstvu graditeljstva, prostornog uređenja i okoliša s namjerom da se potakne briga za okolišem. Utjecaj proizvoda na okoliš kod primjene eko indikatora promatra se kroz tri područja, a to su: *zdravlje ljudi, kvaliteta eko sustava, te resursi*. Detaljniji opis dostupan je u Prilogu I.



Slika 7.3 Objedinjena područja djelatnosti u stvaranju "Ecoinvent" baze podataka [15]

Baze sa metodama za procjenu utjecaja na okoliš koje se koriste u SimaPro aplikaciji su: [20]

- Eco-indicator 99,
- Eco-indicator 95,
- CML 1992,
- CML 2 baseline method,
- EDIP/UMIP (*Environmental Design of Industrial Products*),
- EPS 2000 (*Environmental Priority Strategies in product design*),
- Ecopoints 1997,
- TRACI,
- Impact 2002+,
- Cumulative Energy Demand (CED),
- IPCC Greenhouse gas emissions.

Neke od mogućnosti koje SimaPro računalna aplikacija pruža korisnicima su:

- analiza proizvoda (uzima se u obzir samo faza proizvodnje, pripadajući procesi te njihov sadržaj),
- analiza cijelog životnog ciklusa proizvoda,
- usporedba dva ili više proizvoda,
- procjena neizvjesnosti i osjetljivosti rezultata.

8. LCA ANALIZA NA PRIMJERU CINČANJA SIGURNOSNE OGRADE



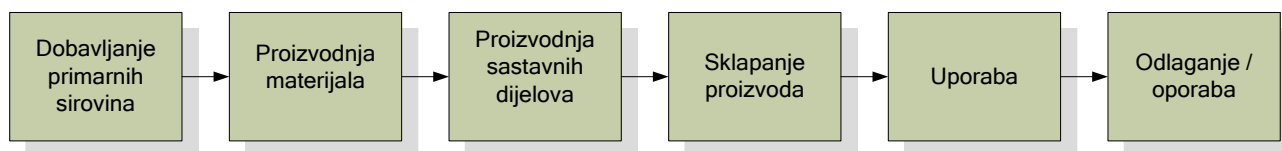
Slika 8.1 Pocinčana sigurnosna ograda [21]

U sklopu ovog završnog rada, kao što je na kraju prošlog poglavlja rečeno, napravit će se LCA analiza na primjeru cinčanja sigurnosne ograde koja je dio asortimana proizvoda koje pruža **tvrtka DALEKOVOD d.d.**, predstavljena u drugom poglavlju ovog rada.

Proračuni koji će biti provedeni u sklopu analize, te dijagramski prikaz njihovih rezultata biti će provedeni pomoću "Sima Pro 7.3.3 PhD version" računalne aplikacije za proračunavanje utjecaja na okoliš.

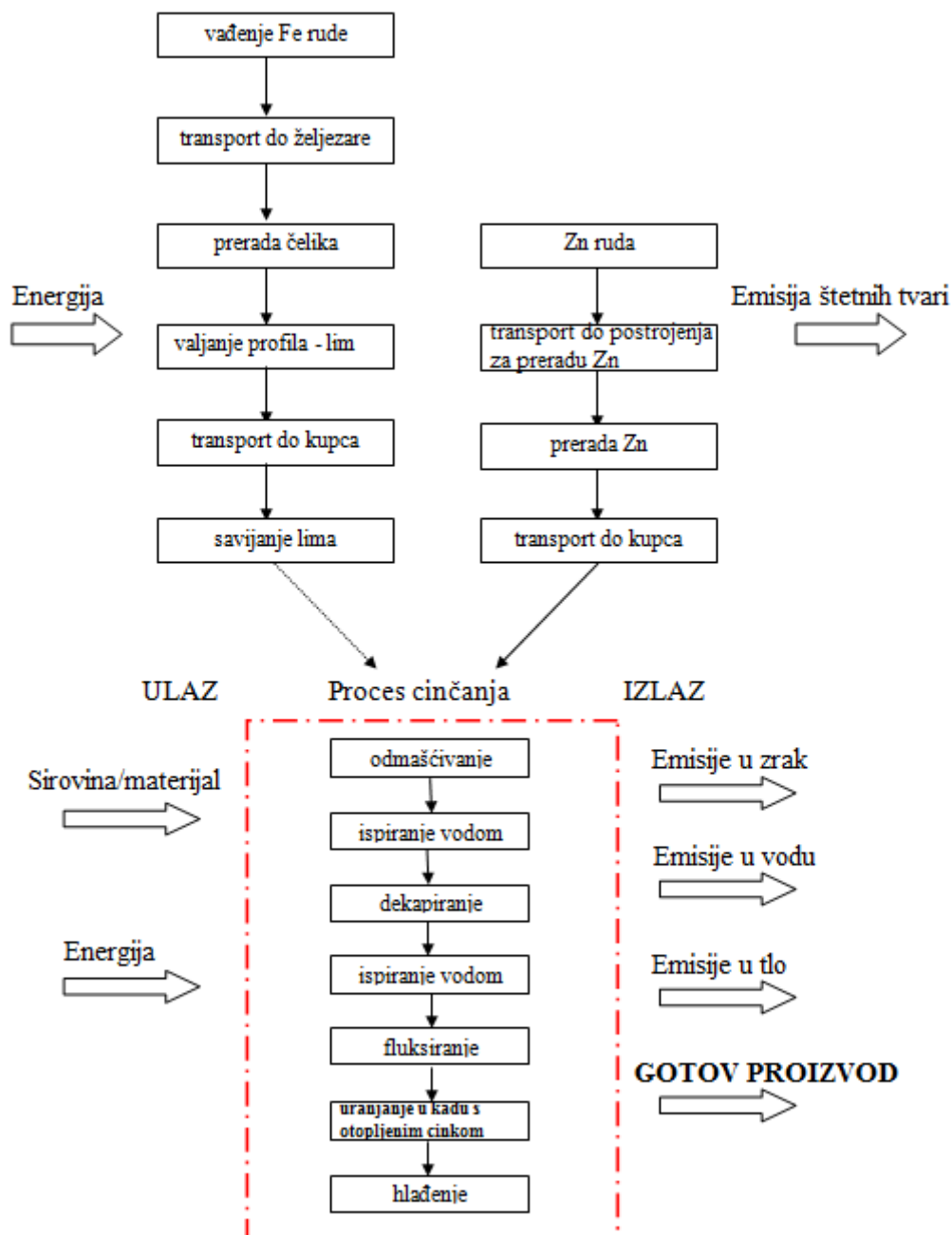
Kao što je već navedeno, LCA analiza predstavlja opsežan i veoma detaljan alat za procjenu utjecaja na okoliš u toku cijelog životnog ciklusa proizvoda. Upravo zbog te opsežnosti i velikog broja faza u životnom ciklusu sigurnosne ograde (prikazano na slici 8.3) u ovom završnom radu ograničit ćemo se na promatranje tj. provedbu **LCA analize** samo za **proces cinčanja** te sigurnosne ograde. Uzimanje u obzir svih faza bio bi preopsežan i predetaljan posao za jedan završni rad, prije bi to bio zadatak za jedan diplomski, pa čak i doktorski rad.

Svaki proizvod tijekom svog životnog ciklusa prolazi kroz cijeli niz faza. Te faze moguće je u općem obliku, koji vrijedi za sve proizvode, prikazati shemom poput ove na slici 8.2:



Slika 8.2 Opći shematski prikaz faza u životnom ciklusu proizvoda [15]

Shematski prikaz faza u životnom ciklusu za konkretnu sigurnosnu ogradu dan je na sljedećoj slici.



Slika 8.3 Shematski prikaz faza u životnom ciklusu sigurnosne ograde

Crvenim isprekidanim pravokutnikom označen je proces cinčanja sigurnosne ograde koji će biti predmet ove LCA analize. Uključeni su svi procesi koji su nužni za ostvarivanje vrućeg pocinčavanja, koje se odvija u Dalekovod-Cinčaonici u Dugom Selu.

U daljnjem tekstu dat će se detaljniji opis i prikaz izrade LCA analize pocinčavanja kroz 4 osnovna koraka kroz koje se provodi svaka LCA analiza.

8.1 Definiranje svrhe i opsega provedbe LCA analize

8.1.1 Svrha analize

Prvi korak u provedbi LCA analize je definiranje njene svrhe. Tim činom se jasno definira za koje slučajeve se provedena analiza smije, a za koje ne smije koristiti. Svrha provedbe analize će metodološki odrediti kasnije faze, stoga je potrebno kvalitetno definirati svrhu analize kako bi se izbjegle eventualne pogrešne interpretacije rezultata. Svakako je u prezentaciji provedene analize obavezno navesti svrhu zbog ispravne i nedvojbene interpretacije rezultata.

Dakle, na početku treba riješiti sve dvojbe oko slijedećih pitanja:

- Koja je osnovna namjena provedbe LCA analize?
- Za što će se rezultati analize koristiti?
- Tko je ciljani auditorij?
- Koje se odluke mogu donijeti na temelju provedene analize?

Ova LCA analiza provodi se za potrebe završnog rada kako bi se uvidio princip i osnovni pristup koji je potreban za provođenje jedne takve analize. Rezultati ove analize mogu se iskoristiti za uočavanje kritičnih točaka u procesu vrućeg pocinčavanja sigurnosne ograde, a pod pojmom "kritične točke" smatra se, u ovom slučaju najznačajniji štetni utjecaji na okoliš.

Ovakva analiza provodi se za interne potrebe unutar tvrtke kao npr. za potrebe određenih odjela u tvrtki, udruge potrošača, stručna povjerenstva za dodjelu eko-oznaka, za dobivanje različitih uporabnih dozvola i sl. Također jedan od razloga provođenja ovakve analize mogu biti različite zakonske odredbe u pogledu smanjenja onečišćenja i emisije CO₂ u okoliš kao npr. EU IPPC Directive-96/61/EC¹⁸. Neke od odluka koje se mogu donijeti na temelju provedene analize jesu da se na osnovu uočenih kritičnih točaka daju prijedlozi za unaprjeđenje procesa vrućeg pocinčavanja. Osim toga, ova analiza može poslužiti i za uspoređivanje između dviju različitih tehnologija zaštite od korozije, te na taj način utjecati na pitanje konkurentnosti na tržištu.

8.1.2 Opseg analize

Kao što je već poznato zadaća definicije opsega analize jest identificiranje predmeta analize, kao i definiranje granica koje će obuhvatiti sve ono što je bitno, odnosno ono što je definirano svrhom analize.

Predmet ove LCA analize je prije spomenuta sigurnosna ograda. Sigurnosna ograda je čelična zaštitna konstrukcija na cestovnim prometnicama kojoj je svrha sprečavanje izletanja vozila sa prometnice, kao i prijelaz vozila na drugi kolnički trag sa što manjim ozljedama osoba u vozilu. Očekivana trajnost sigurnosne ograde je otprilike 20 godina.

Kako bi LCA analizu bilo uopće moguće provesti, te ujedno dati i što preciznije tumačenje dobivenih rezultata, potrebno je jasno definirati procese koji će biti obuhvaćeni analizom, uzimajući pri tome u obzir vremenske i zemljopisne granice unutar kojih će se procjenjivati utjecaj promatranog proizvoda na okoliš.

¹⁸ EU IPPC Directive (Integrated Pollution Prevention and Control-96/61/EC) - cilj IPPC Direktive je postizanje integralnog pristupa, sprečavanja i kontrole onečišćenja koje potječu od širokog spektra industrijskih i poljoprivrednih aktivnosti. U svojoj biti IPPC Direktiva bavi se minimiziranjem onečišćenja kroz interaktivni pristup mjera prevencije i *end of pipe* rješenja. Direktiva sadrži osnovna pravila za izdavanje jedne integrirane dozvole, koja regulira cjelokupni utjecaj industrijskog postrojenja na okoliš (emisije u zrak, vodu, tlo, proizvodnju otpada, korištenje sirovina, energetska efikasnost, buku, sigurnost na radu...)

U ovome primjeru, kao što je već napomenuto granice sustava će se odnositi samo na proces cinčanja. Promatrat će se utjecaj procesa cinčanja za ukupnu godišnju količinu sigurnosnih ograda koja iznosi **2000 tona** godišnje.

8.1.3 Unos ulaznih podataka u računalnu aplikaciju SimaPro

Nakon što smo definirali svrhu i opseg LCA analize sljedeći korak je unos ulaznih podataka u računalnu aplikaciju SimaPro. Ulazni podaci za provedbu analizu u softverskom paketu SimaPro opisani su u prošlom poglavlju gdje je detaljnije dan njezin opis rada.

Najbitniji ulazni podatak za proces cinčanja je **ukupna površina koja treba biti pocinčana**. U slučaju sigurnosne ograde ta površina se izračunala na temelju tehničke dokumentacije¹⁹ navedenog proizvođa [22] Naime, sigurnosna ograda izrađuje se iz **čeličnog lima** dimenzija **436 x 4300 x 3 mm** koji se savija, pa zatim podvrgava procesu vrućeg pocinčavanja.

Na temelju dimenzija lima jednostavno se može izračunati površina koja se pocinčava [22]:

$$P_{branik} = (2 \times 4,3 \times 0,436) + (2 \times 4,3 \times 0,003) + (2 \times 0,436 \times 0,003) = 3,778 \text{ m}^2$$

Dobivena je površina za cinčanje jednog sigurnosnog branika, čija se masa može izračunati iz dimenzija lima:

$$m_{branik} = \rho_{čelik} \times V = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (0,436 \times 4,3 \times 0,003) \text{ m}^3 = 44,17 \text{ kg}$$

Sada se iz ukupne godišnje količine sigurnosnih ograda, koja iznosi 2000 tona i mase pojedinog sigurnosnog branika može izračunati broj pojedinih branika koji se mora pocinčati:

$$n_{branika} = \frac{m_{uk}}{m_{branik}} = \frac{2000000 \text{ kg}}{44,17 \text{ kg}} \cong 45280$$

I konačno, ukupnu površinu za pocinčavanje dobijemo tako da se pomnoži broj pojedinačnih branika sa površinom oplošja branika:

$$P_{cinčanje} = P_{branik} \times n_{branik} = 3,778 \text{ m}^2 \times 45280 \cong 171068 \text{ m}^2$$

¹⁹ Dobivena je tehnička specifikacija za sigurnosnu ogradu od tvrtke Dalekovod d.d.

CAUsers\Public\Documents\SimaPro\Database\Professional; marko_završni_rad - [New calculation setup]

File Edit Calculate Tools Window Help

General Parameter sets Analysis groups Chart options

Name
analiza cinčanja za sigurnosnu ogradu

Comment
gledati ce se godisnja kolicina od 2000 t zastitne ograde koja se cinca i na temelju toga izracunata je ukupna površina za cinčanje svih metalnih limova za sigurnosnu ogradu.

Calculation function
☒ Network
☐ Tree
☐ Analyze
☐ Compare
☐ Uncertainty analysis

Method
Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H/H

Product	Amount	Unit	Project	Comment
Zinc coating, pieces/RER U	171068	m2	Ecoinvent unit processes	ukupna površina za cinčanje 2000t sigurnosne ograde (godisnja kolicina)

Current library
Ecoinvent unit processes Suffix
U

Replacing library
Suffix

Switches
☒ Inventory per sub-compartment
☐ Exclude infrastructure processes
☐ Exclude long-term emissions

Monte Carlo stop criterion
☒ Fixed number of runs 1000
☐ Use stop factor 0,005 Value: Raw/(unspecified)/Biomass
☐ Seed value 0

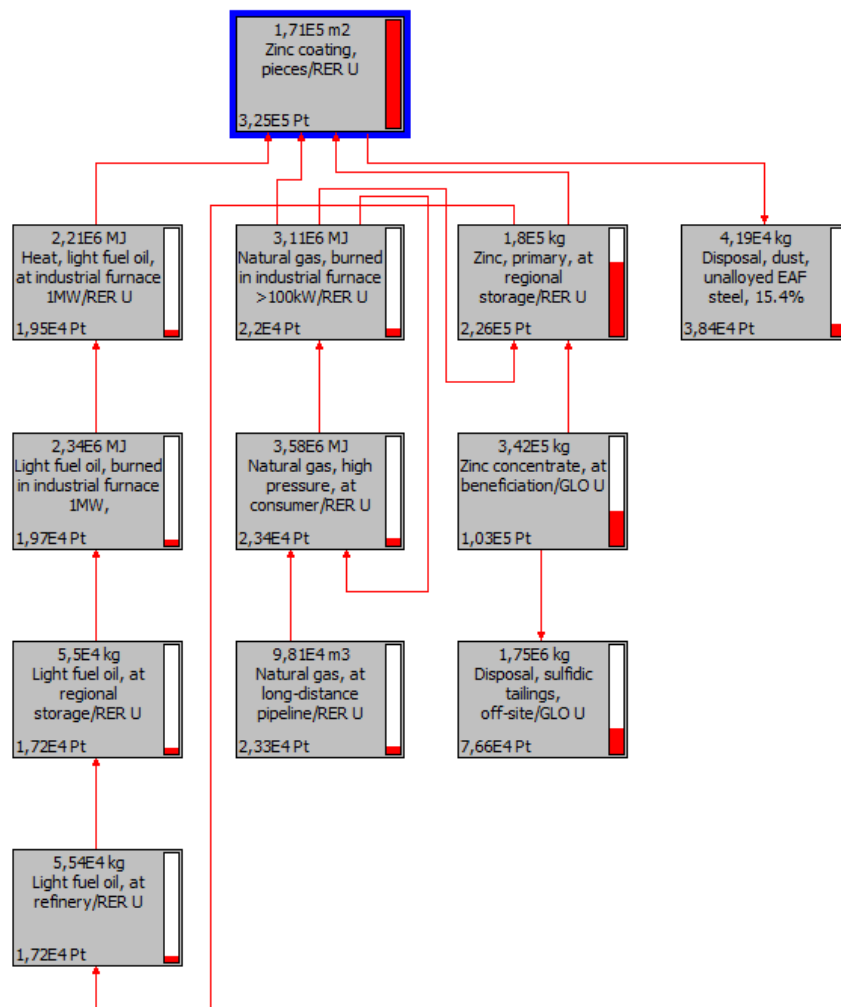
Slika 8.4 Unos ulaznih podataka za provedbu LCA analize procesa cinčanja sigurnosne ograde

Shemom sa slike 7.2 vidljivo je da osim ulaznih podataka, ova računalna aplikacija zahtjeva i izbor baza podataka u kojima se nalaze podaci nužni za provedbu LCA analize. Tako je u ovom primjeru odabrana jedna od najopširnijih, "**Ecoinvent**" baza podataka, koja je detaljnije opisana u 7. poglavlju ovog rada.

U ovom koraku unošenja ulaznih podataka također još treba unijeti metodu za procjenu utjecaja na okoliš. U sklopu procjene utjecaja proizvoda na okoliš tijekom cijelog njegovog životnog ciklusa, razvijen je velik broj različitih metoda, koje se prvenstveno razlikuju u načinu provođenja 3. faze (vidi sliku 6.2 - "Prikaz modela LCA analize u okviru ISO serija normi 14040") LCA analize pod nazivom određivnje utjecaja na okoliš, te posljedično i 4. faze - "Interpretacija". U ovom primjeru odabrana je metoda "**Eco-indicator 99(H)**" (detaljnije opisana u Prilogu I).

Nakon unosa ulaznih podataka, u sljedećem koraku formira se "Stablo procesa" (Process Tree), što je u stvari blok dijagram kojim se predstavlja mreža potprocesa koji će se promatrati u analizi.

Na slici 8.5 prikazano je stablo procesa cinčanja ukupne godišnje količine sigurnosne ograde, koje je nastalo na temelju podataka za cinčanje iz baze Ecoinvent. Ono prikazuje kakve najznačajnije utjecaje na okoliš daje proces cinčanja označene ekološkim indikatorom. Ekološki indikator je zapravo broj koji pokazuje koliki je utjecaj na okoliš promatranog procesa ili materijala u određenoj fazi životnog ciklusa. Što je vrijednost indikatora veća to je i veći utjecaj promatranog procesa ili materijala na okoliš. Njihova vrijednost izražena je u Pt ("Points").



Slika 8.5 Stablo procesa za cinčanje sigurnosne ograde

8.2 Faza popisivanja i analiziranja relevantnih podataka - LCI ("Inventory")

Kao što je već spomenuto, izlazni podaci u okviru SimaPro aplikacije proračunavaju se prema metodi ekoloških indikatora i prikazuju u vidu dijagrama ili pak tablica, za svaki od standardnih koraka LCA analize.

U okviru LCI faze kvantificira se: **potrošnja sirovina i energije**, **sav otpad**, te **emisije štetnih tvari u okoliš** za sve procese u granicama promatranog sustava.

Za svaki od tih prikazat će se tablica dobivena u SimaPro aplikaciji.

No	Substance	Compartment	Sub-compartment	Unit	Zinc coating, pieces/RER U
1	Aluminium, 24% in bauxite, 11% in crude ore, in ground	Raw	in ground	kg	640
2	Anhydrite, in ground	Raw	in ground	g	14,3
3	Barite, 15% in crude ore, in ground	Raw	in ground	kg	661
4	Basalt, in ground	Raw	in ground	kg	68,6
5	Borax, in ground	Raw	in ground	g	3,78
6	Bromine, 0.0023% in water	Raw	in water	g	7,06
7	Cadmium, 0.30% in sulfide, Cd 0.18%, Pb, Zn, Ag, In, in ground	Raw	in ground	g	329
8	Calcite, in ground	Raw	in ground	ton	76,5
9	Carbon dioxide, in air	Raw	in air	ton	8,41
10	Carbon, in organic matter, in soil	Raw	in ground	g	296
11	Chromium, 25.5% in chromite, 11.6% in crude ore, in ground	Raw	in ground	kg	106
12	Chrysotile, in ground	Raw	in ground	g	818
13	Cinnabar, in ground	Raw	in ground	g	75,3
14	Clay, bentonite, in ground	Raw	in ground	kg	118
15	Clay, unspecified, in ground	Raw	in ground	ton	33,8
16	Coal, brown, in ground	Raw	in ground	ton	85,9
17	Coal, hard, unspecified, in ground	Raw	in ground	ton	174
18	Cobalt, in ground	Raw	in ground	g	2,04
19	Colemanite, in ground	Raw	in ground	kg	2,9
20	Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	in ground	kg	31,6
21	Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	in ground	kg	175
22	Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	in ground	kg	46,4
23	Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	in ground	kg	230
24	Diatomite, in ground	Raw	in ground	mg	24,8
25	Dolomite, in ground	Raw	in ground	kg	20,7
26	Energy, gross calorific value, in biomass	Raw	biotic	GJ	84,7
27	Energy, gross calorific value, in biomass, primary forest	Raw	biotic	MJ	20,5
28	Energy, kinetic (in wind), converted	Raw	in air	GJ	20,1
29	Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	Raw	in water	TJ	1,38
30	Energy, solar, converted	Raw	in air	MJ	300

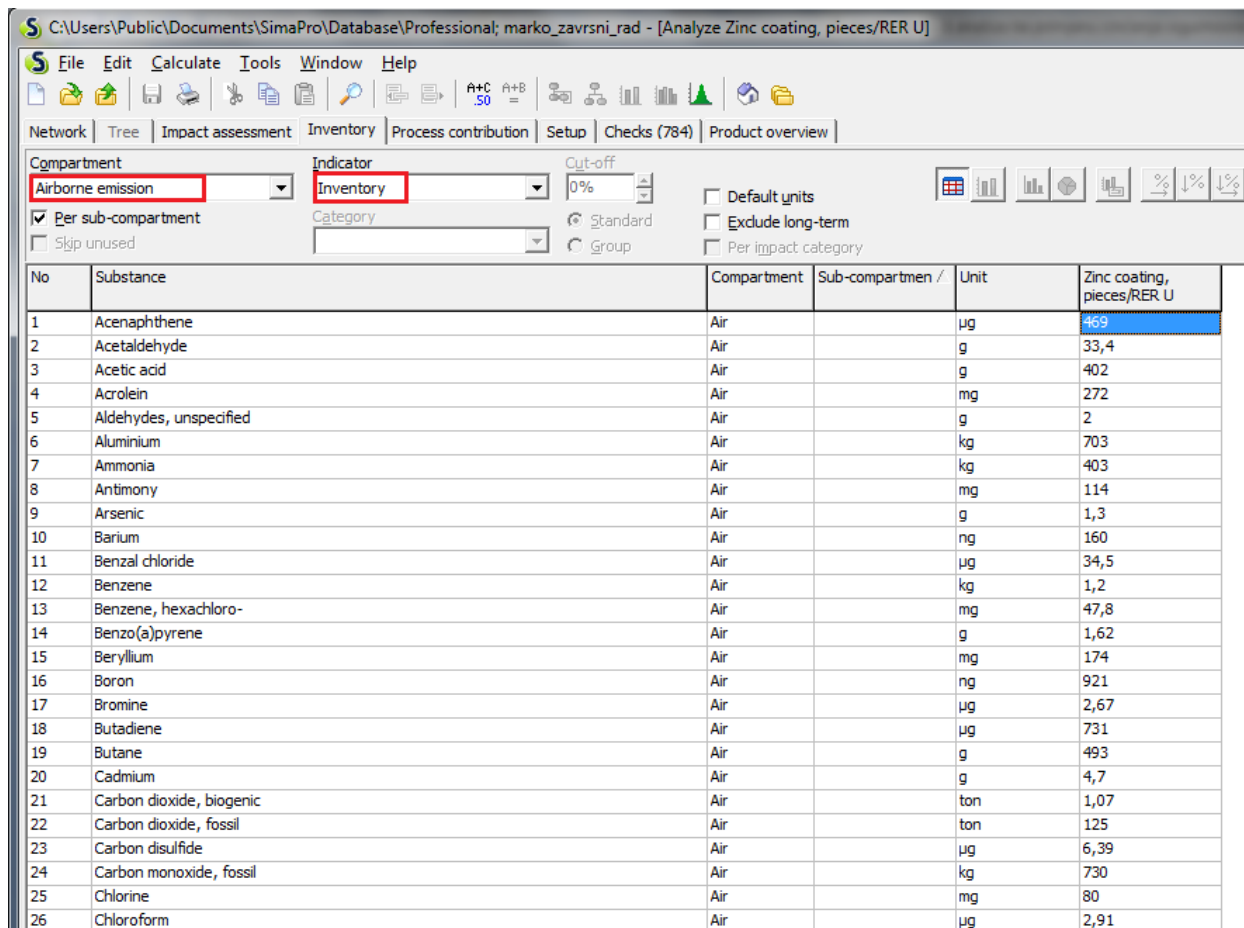
Slika 8.6 Kvantificiranje potrošnje sirovina i energije

SimaPro aplikacije daje jako veliki broj podataka za svaku fazu popisivanja tako da je ovdje prikazan samo dio najznačajnijih sirovina i energije koji se troše u navedenom procesu cinčanja.

Osim kvantificiranja potrošnje sirovina i energije na sljedećoj slici dan je prikaz kvantifikacije emisije štetnih tvari u okoliš (slika 8.7).

Podaci koji su vezani za sam proces cinčanja, te dostavu energije i sirovina koji su obuhvaćeni ovom analizom određeni su bazama podataka koje su bile na raspolaganju za izradu ovog rada, te su stoga specifični za područje Zapadne Europe. Na osnovu porijekla podataka opravdano je pretpostaviti kako i promatrani procesi spadaju ujedno i u skupinu tehnološki naprednih procesa, u skladu sa nivoom tehnološkog razvoja zemalja sa zemljopisnog područja na kojem su prikupljeni. To se ujedno može smatrati ograničenjima primjenjene švicarske baze podataka "Ecoinvent", jer nažalost, još ne postoji LCI baza podataka stvorena suradnjom hrvatskih znanstvenih ustanova.

Također, kod odabira metode za procjenu utjecaja na okoliš odabrana je metoda "Eco-indicator 99 (H)" napravljena prema nizozemskom modelu. Bitno je napomenuti da hrvatski model postoji, on bi zasigurno pokazivao veće vrijednosti bodova u fazi zbrinjavanja otpada (slika 8.5), a vrlo vjerojatno i u ostalim fazama životnog ciklusa proizvoda - značajan utjecaj gospodarske razvijenosti zemlje!



No	Substance	Compartment	Sub-compartment /	Unit	Zinc coating, pieces/RER U
1	Acenaphthene	Air		µg	469
2	Acetaldehyde	Air		g	33,4
3	Acetic acid	Air		g	402
4	Acrolein	Air		mg	272
5	Aldehydes, unspecified	Air		g	2
6	Aluminium	Air		kg	703
7	Ammonia	Air		kg	403
8	Antimony	Air		mg	114
9	Arsenic	Air		g	1,3
10	Barium	Air		ng	160
11	Benzal chloride	Air		µg	34,5
12	Benzene	Air		kg	1,2
13	Benzene, hexachloro-	Air		mg	47,8
14	Benzo(a)pyrene	Air		g	1,62
15	Beryllium	Air		mg	174
16	Boron	Air		ng	921
17	Bromine	Air		µg	2,67
18	Butadiene	Air		µg	731
19	Butane	Air		g	493
20	Cadmium	Air		g	4,7
21	Carbon dioxide, biogenic	Air		ton	1,07
22	Carbon dioxide, fossil	Air		ton	125
23	Carbon disulfide	Air		µg	6,39
24	Carbon monoxide, fossil	Air		kg	730
25	Chlorine	Air		mg	80
26	Chloroform	Air		µg	2,91

Slika 8.7 Kvantificiranje emisije štetnih tvari u okoliš

Rezultat ovog koraka LCA analize jest popis svih opterećenja na okoliš u zadanim granicama, zajedno sa pripadajućim funkcionalnim jedinicama.

8.3 Određivanje utjecaja na okoliš - LCIA

U ovoj fazi LCA analize određuju se potencijalni utjecaji na okoliš, kao i na ljudsko zdravlje, i to na temelju podataka o potrošnji resursa i emisija u okoliš, dobivenih u prethodnoj fazi (fazi popisivanja i analize relevantnih podataka – LCI). Pod utjecajem se podrazumijeva, osim štetnih emisija, i osiromašenje prirodnih resursa. Ova faza u analizi pokušava dati vezu između proizvoda ili procesa i njihovog potencijalnog utjecaja na okoliš.

Pri korištenju ovog softvera uočeno je da se metodom "*Eco-indicator 99 (H)*" pri određivanju utrošene energije, sirovine, te emisije štetnih tvari ne uzima u obzir proizvodnja kapitalnih dobara potrebnih za odvijanje zadanog procesa kao što su strojevi, građevine i sl., jer bi u tom slučaju granice sustava bile preopsežne što bi previše zakompliciralo analizu.

Kao što je navedeno u 6. poglavlju kod općenitog opisa LCA analize, ova faza sastoji se od 4 koraka:

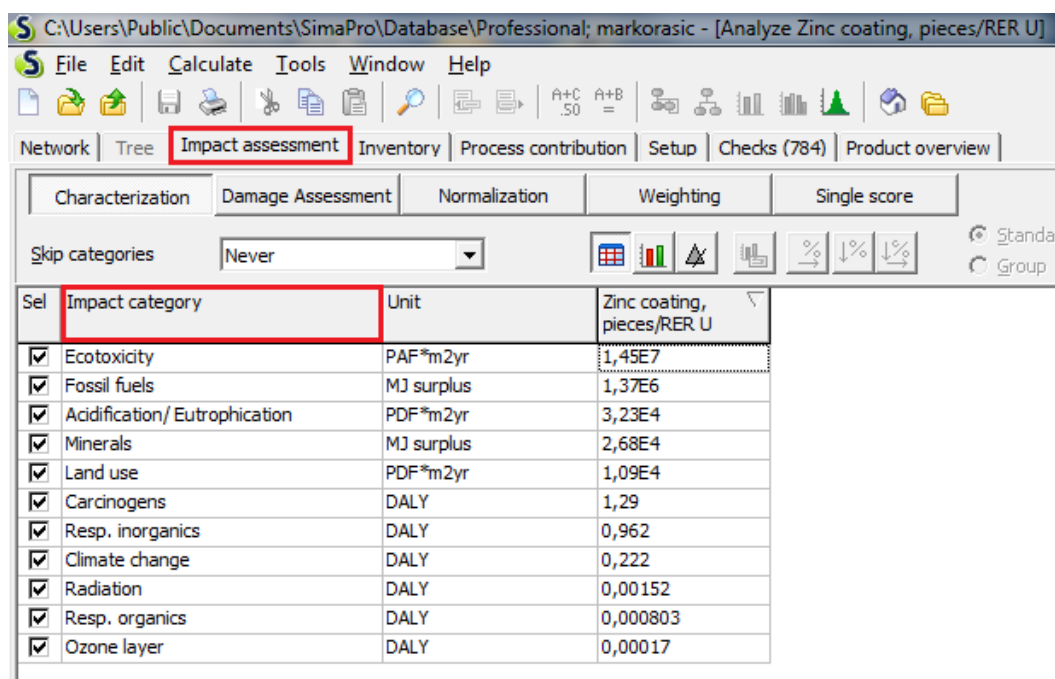
- Klasifikacija,
- Karakterizacija,
- Normiranje,
- Mjerenje jačine utjecaja na okoliš - "*weighting*".

Za svaki od ova četiri koraka prikazati će se rezultati dobiveni u računalnoj aplikaciji SimaPro.

8.3.1 Klasifikacija

Svrha klasifikacije je organiziranje, odnosno svrstavanje, rezultata dobivenih u fazi popisivanja i analize podataka u prethodno definirane kategorije. Naravno, jedna veličina se može svrstati u više kategorija utjecaja.

Kategorije utjecaja na okoliš koje će biti razmatrane u ovom primjeru dane su slikom 8.8.



Sel	Impact category	Unit	Zinc coating, pieces/RER U
<input checked="" type="checkbox"/>	Ecotoxicity	PAF*m2yr	1,45E7
<input checked="" type="checkbox"/>	Fossil fuels	MJ surplus	1,37E6
<input checked="" type="checkbox"/>	Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	3,23E4
<input checked="" type="checkbox"/>	Minerals	MJ surplus	2,68E4
<input checked="" type="checkbox"/>	Land use	PDF*m2yr	1,09E4
<input checked="" type="checkbox"/>	Carcinogens	DALY	1,29
<input checked="" type="checkbox"/>	Resp. inorganics	DALY	0,962
<input checked="" type="checkbox"/>	Climate change	DALY	0,222
<input checked="" type="checkbox"/>	Radiation	DALY	0,00152
<input checked="" type="checkbox"/>	Resp. organics	DALY	0,000803
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone layer	DALY	0,00017

Slika 8.8 Kategorije utjecaja na okoliš koje će biti razmatrane

Sa slike je vidljivo da računalna aplikacija za proces cinčanja izbacuje 11 kategorija utjecaja na okoliš, a to su: ekotoksičnost²⁰, zakiseljavanje okoline (acidifikacija), fosilna goriva, minerali, klimatske promjene (GWP)²¹, radioaktivnost, uništavanje ozonskog omotača, zagađivanje tla, opasni otpad (karcinogene kemikalije), te zagađenje zraka organskim i anorganskim tvarima opasnim za zdravlje ljudi.

Vidljivo je da se većina utjecaja izražava u jedinici DALY (engl. Disability-Adjusted Life Year), odnosno u stopi izgubljenih godina zdravoga života.

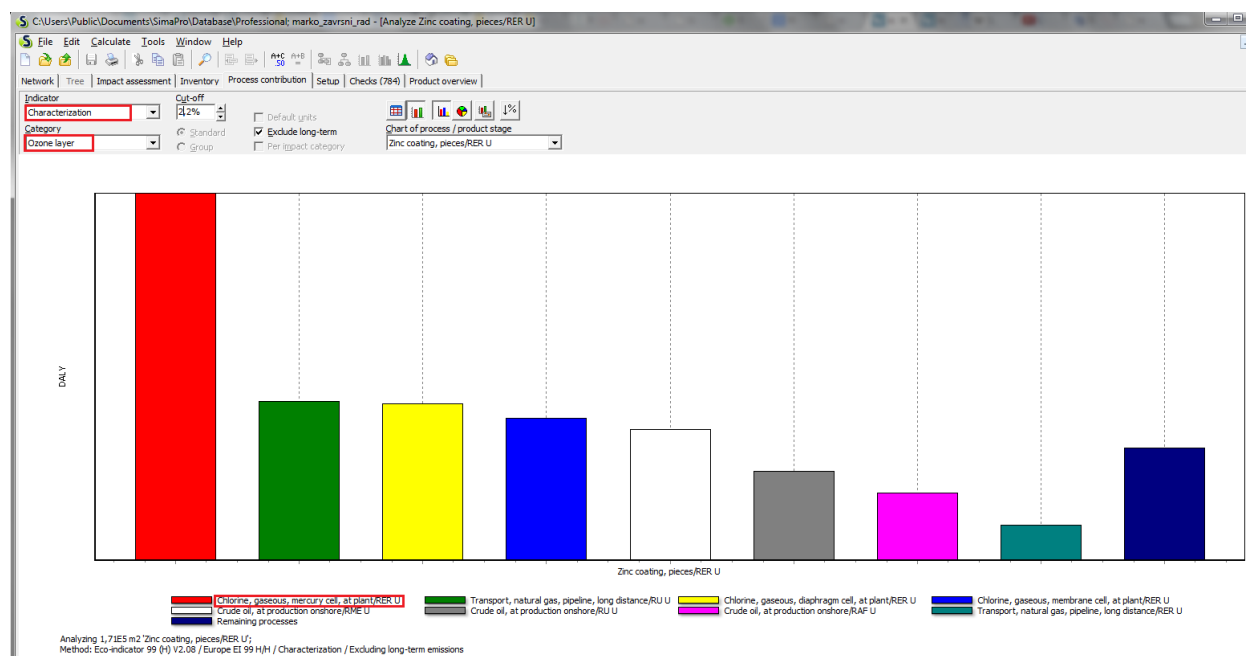
²⁰ Ekotoksičnost - otrovnost kemikalija na različite dijelove okoliša

²¹ Global Warming Potential

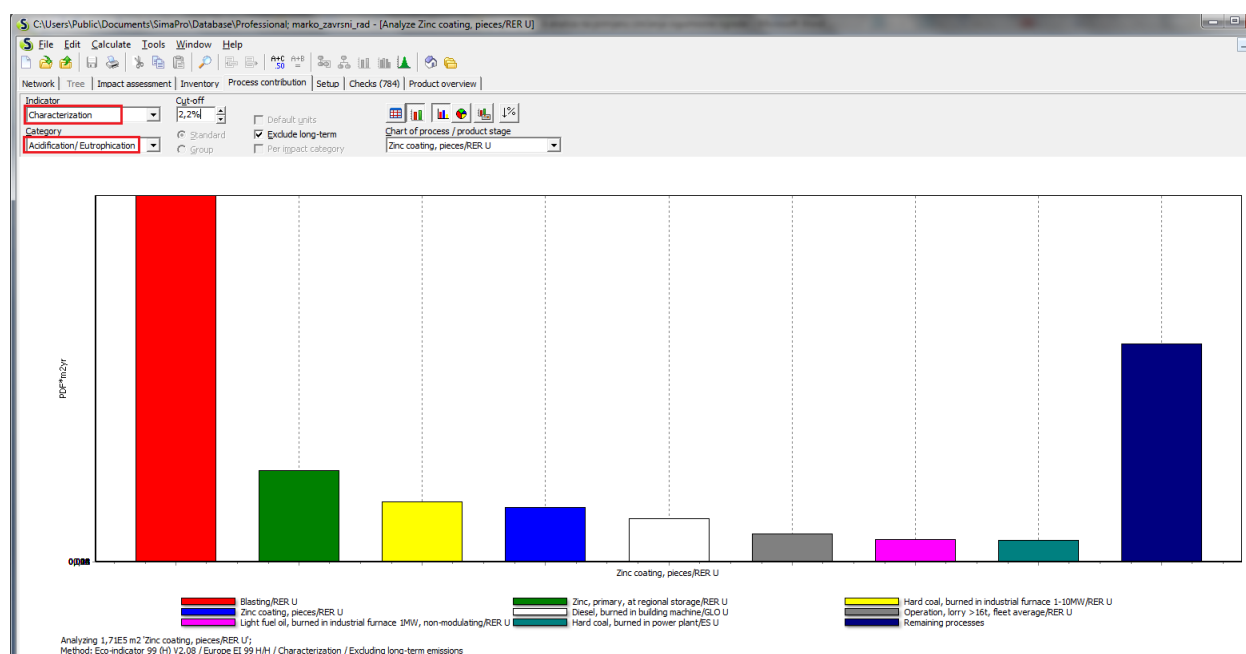
Nakon grupiranja utjecaja na okoliš, moguće je napraviti slijedeći korak LCIA analize, a to je karakterizacija.

8.3.2 Karakterizacija

Ovaj korak obuhvaća modeliranje podataka dobivenih u LCI fazi unutar kategorija utjecaja pomoću konverzijskih faktora (npr. određivanje kvantitativne vrijednosti potencijalnog utjecaja plinovitog klora na uništavanje ozonskog omotača, što je prikazano na slici 8.9)



Slika 8.9 Karakterizacija u kategoriji uništavanja ozonskog omotača



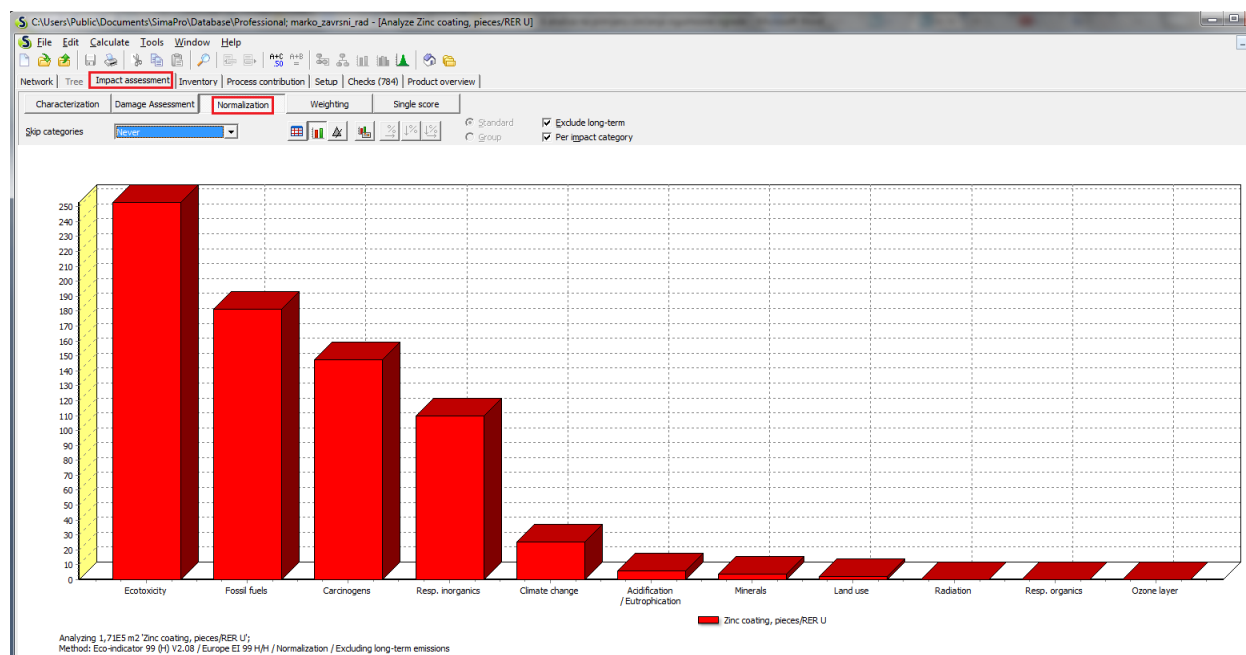
Slika 8.10 Karakterizacija u kategoriji zakiseljavanje okoline (acidifikacija)

Ovdje je dan primjer karakterizacije za dvije kategorije, dok nam softver daje uvid u sve navedene kategorije utjecaja (karakterizacije ostalih kategorija utjecaja prikazane su u Prilogu II).

Kao što je napomenuto, u karakterizaciji utjecaja koriste se konverzijski faktori, odnosno karakterizacijski faktori, koji su nastali na temelju znanstvenih analiza. Ti faktori služe kako bi se veličine dobivene u LCI fazi analize prevele u reprezentativne indikatore utjecaja na zdravlje ljudi i eko-sustava. Dakle, karakterizacija se koristi kako bi se različite veličine prevele u indikatore utjecaja. Na primjer, karakterizacija može omogućiti procjenu relativnih utjecaja na zagađenje tla emisijom različitih količina olova, kroma i cinka. [22]

8.3.3 Normiranje utjecaja na okoliš

Ovaj korak služi kako bi se indikatori utjecaja mogli uspoređivati unutar kategorija utjecaja. Normalizacija također daje osnove za usporedbu različitih kategorija tipova utjecaja na okoliš (svi učinci moraju dobiti istu jedinicu) Normalizacija se vrši na način da se dobiveni indikatori utjecaja podijele sa odabranom referentnom vrijednošću. Postoje mnoge metode odabira referentnih vrijednosti. Primjerice, kod provođenja LCA analize prema metodi **ekoloških indikatora**, kao referentna vrijednost uzima se **doprinos prosječnog Europljanina onečišćenju** okoliša tijekom godine (NPE)²². Znači uvodi se referentna veličina u odnosu na koju će mjerenje biti provedeno.



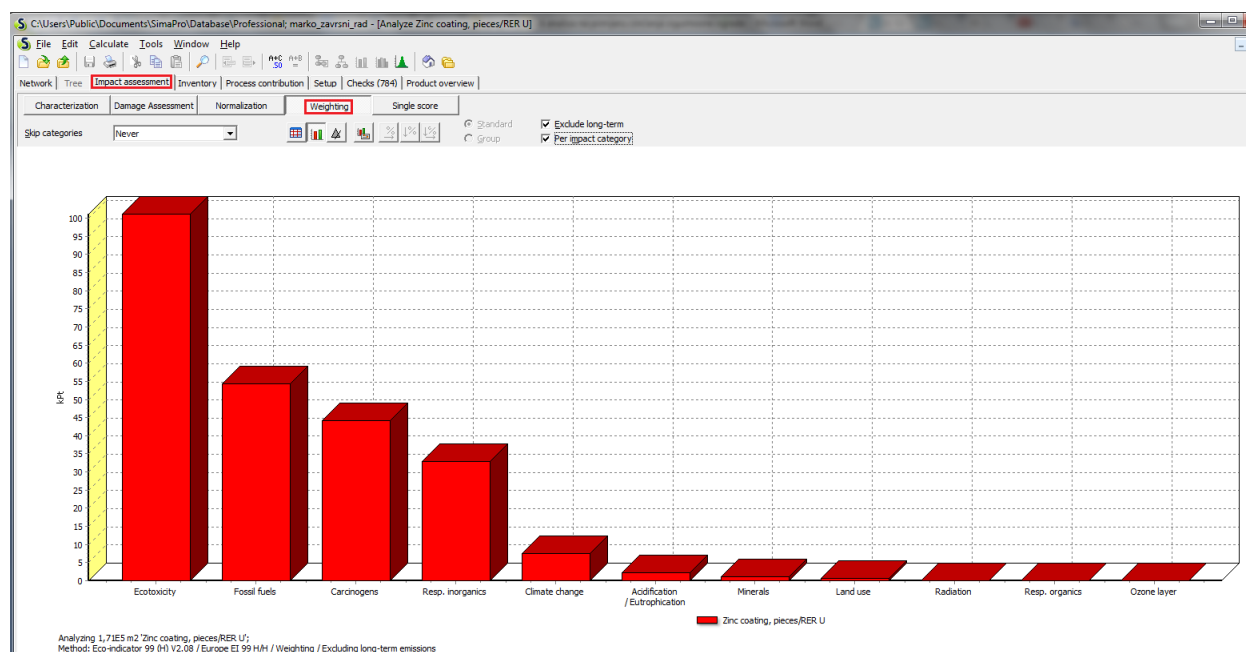
Slika 8.11 Prikaz rezultata faze normiranja za proces cinčanja sigurnosne ograde

Iz dijagrama prikazanog slikom 8.11 dobiva se uvid koliko pojedina kategorija utjecaja (u procesu cinčanja) utječe na onečišćenje okoline u odnosu na onečišćenje koje se može pripisati prosječnom stanovniku EU tijekom jedne godine, te je odmah uočljivo da najveći utjecaj imaju kategorije ekotoksičnost, zatim fosilna goriva, te opasan otpad (karcinogene kemikalije).

²² Normirana vrijednost utjecaja na osnovu učina Prosječnog Europljanina

8.3.4 Mjerenje jačine utjecaja na okoliš - "weighting"

Tek nakon izvršenja normalizacije moguće je prijeći na sljedeći korak, a to je mjerenje jačine utjecaja ili "weighting". Iako su potencijali utjecaja nakon normalizacije za dvije različite kategorije jednaki, to i dalje ne znači da su ti utjecaji jednako štetni. Kako bismo bili u mogućnosti usporediti potencijale za različite kategorije, provodi se korak mjerenja jačine utjecaja u kojem se normalizirana vrijednost množi sa težinskim faktorom (faktor jačine). Vrijednosti rezultata ovog koraka izražavaju se u bezdimenzionalnoj veličini Pt.



Slika 8.12 Prikaz rezultata faze mjerenje jačine utjecaja na okoliš za proces cinčanja

Iz dijagrama sa slike 8.12 možemo vidjeti i zaključiti kako najveći utjecaj cinčanja sigurnosne ograde ima na ekotoksičnost, koja se odnosi na potencijalne štetne (toksične) utjecaje na vodu putem kemikalija ispuštenih u zrak, vodu i tlo kroz sve procese koji su uključeni analizom.

I konačno s ovim korakom završena je treća faza LCA analize a to je određivanje utjecaja na okoliš (LCIA analiza).

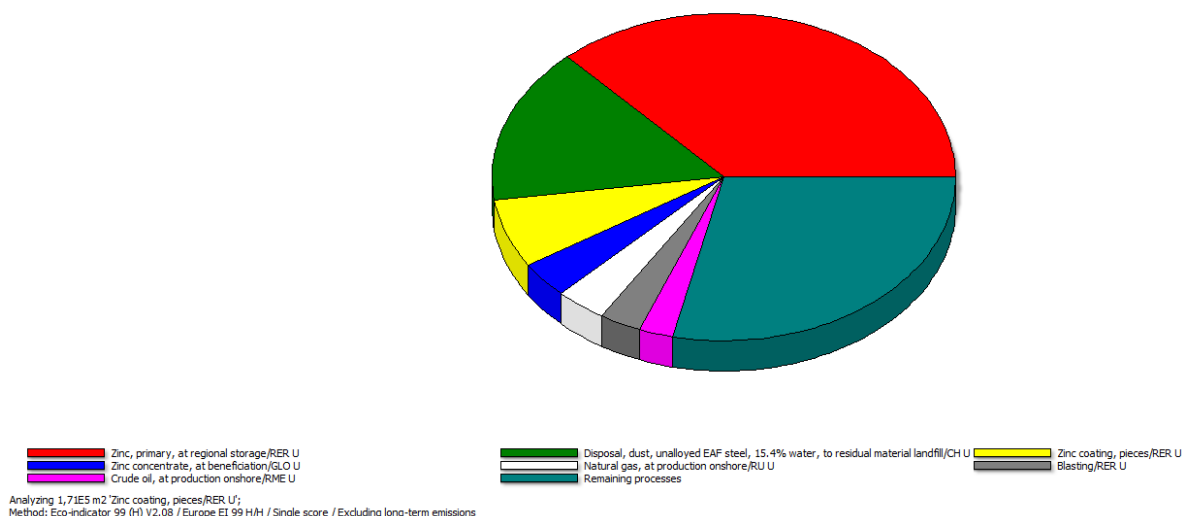
Ostaje još posljednji korak analize, a to je interpretacija rezultata.

8.4 Interpretacija rezultata

U slučaju ozbiljnije (dublje) LCA analize, u okviru "Interpretacije" razmatralo bi se posljedice po okoliš u pojedinim kategorijama utjecaja, razloge zašto su ti utjecaji upravo takvi, i sl., ovisno o postavljenim ciljevima i svrsi analize. Takva vrsta interpretacije zahtijevala bi rad i suradnju cijelog niza stručnjaka sa različitih područja (toksikolozi, tehnolozi, ekonomisti, ...), te je svakako prezahtjevan zadatak za jedan završni rad.

U okviru ovog završnog rada pri interpretaciji rezultata pažnja će biti usmjerena na ciljeve i svrhu postavljene u poglavlju 8.1.1.

Prije svega treba ponovno napomenuti kako ovaj primjer nije bio analiza cijelog životnog ciklusa sigurnosne ograde, nego samo analiza procesa cinčanja i kakav je njegov utjecaj na onečišćenje okoliša.



Slika 8.13 Udio u ukupnom onečišćenju okoline pojedinih podprocesa razmatranog procesa cinčanja

Iz dijagrama na slici 8.13 vidljivo je kako se najveći dio utjecaja na okoliš koji se javljaju kao posljedica procesa cinčanja može pripisati, nabavi sirovine (cinka), potrošnji goriva za zagrijavanje kade za pocinčavanje, te procesima odlaganja otpada nakon procesa cinčanja, dok se samom tehnološkom procesu cinčanja (prikazan žutom bojom) pripisuje relativno nizak stupanj utjecaja na okoliš.

Ovim korakom ostvaren je temeljni cilj ove analize, a to je pronalaženje kritičnih točaka s gledišta štetnosti na okoliš.

Zaključno, na osnovu rezultata provedene analize može se reći sljedeće:

- Utjecaji na okoliš koji se javljaju kao posljedica procesa vrućeg pocinčavanja u najvećoj mjeri se mogu pripisati potrošnji i dobavi energije i sirovina. Upravo ta činjenica prepoznata je i na svjetskoj razini, te se moderni trendovi na području industrijske sociologije upravo i kreću ka optimiziranju potrošnje energije tj. **povećanju energetske učinkovitosti**.
- Onečišćenje koje se javlja kao posljedica vrućeg pocinčavanja značajno je i zbog slučaja ove velikoserijske, odnosno masovne proizvodnje (2000 tona godišnje).
- Te također je vidljivo iz opsežnih rezultata kolika je zapravo kompleksnost analize (posebno u fazi prikupljanja i analize podataka).

Nakon ove pojednostavljene analize, sljedeći korak mogao bi biti analiza cjelokupnog životnog ciklusa sigurnosne ograde u kojoj bi se promatrale apsolutno sve faze u životom vijeku, od nabave željezne rude, transporta, prerade u željezari, itd. Na taj način bi se dobila kompletna slika o štetnosti utjecaja tog proizvoda na okoliš po principu "od kolijevke pa do groba", te bi se nakon takve analize mogle dati pretpostavke i prijedlozi unaprjeđenja cjelokupnog tehnološkog procesa promatranog proizvoda.

Osim toga, rezultati procjene životnog ciklusa proizvoda mogu se koristiti kako unutar organizacije (tvrtke koja provodi analizu), tako i izvan nje (od strane javnog i privatnog sektora).

Interno, LCA analiza se može koristiti da bi se ustanovilo svobuhvatno temeljno polazište (tj. zahtjevi) kojima timovi za razvoj proizvoda moraju udovoljiti, utvrdilo najznačajnija djelovanja životnog ciklusa proizvoda, te rukovodilo usavršavanjem novih proizvodnih sustava u cilju smanjenja utjecaja na okoliš kako u pogledu potrošnje energije i sirovina, tako i stvaranja manje otpada, te smanjivanja njihove štetnosti. S obzirom da se u posljednje vrijeme sve više naglašava svijest o očuvanju i zaštiti okoliša, tako se pred pred tvrtke stavljaju sve stroži zahtjevi glede onečišćenja i štetnosti za okolinu kroz različite zakonske odredbe i direktive. Dakle, očito je da pritom LCA predstavlja alat koji može zasigurno stvoriti konkurentsku prednost na tržištu i osigurati zauzimanje tržišta.

Eksterno, LCA analiza se može koristiti za usporedbu ekoloških svojstava alternativnih proizvoda, tehnoloških procesa, materijala ili aktivnosti, ali i za podršku marketinškim zahtjevima. Tako naprimjer, LCA može biti podrška određenoj politici u javnosti, kao i programima eko-oznaka.

Također, rezultati LCA analize mogu značajno utjecati i doprinjeti razvoju društvene odgovornosti poduzeća, zbog toga što je briga za okoliš i njegova zaštita jedno od vrlo važnih područja društvene odgovornosti. Dobra upravljačka praksa u vodećim svjetskim, ali i domaćim tvrtkama, pokazuje kako se učinci na okoliš mogu kontrolirati, rizici smanjiti, a koristi za konačnu bilancu ostvariti ukoliko se uvedu odgovarajući upravljački sustavi i procesi. Kakav sustav izgraditi, ovisi o djelatnosti tvrtke, veličini, te o njezinom dominantnom utjecaju na okoliš. Svaka tvrtka može smanjiti negativan utjecaj svojih poslovnih procesa na okoliš tako što će smanjiti ispuštanje štetnih tvari, smanjiti količine proizvodnog otpada i racionalnije koristiti skupe i neobnovljive resurse - u tom dijelu LCA može odigrati ključnu ulogu, tako što će pokazati koji proizvodi i u kojoj fazi životnog ciklusa imaju najveći negativni utjecaj na okoliš! Tvrtka osim što time iskazuje društvenu odgovornost i etičnost, istovremeno može ostvariti značajne financijske uštede.

Osim toga, uloga i primjenjivost LCA analize vidljiva je i na ostalim područjima poslovanja kao što su benchmarking²³, te različite strateške odluke menadžmenta u cilju formiranja poslovne strategije. Primjerice, na osnovu rezultata LCA analize moguće je usporediti vlastiti proizvod sa konkurentskim primjenom tehnike benchmarking-a, a na osnovu podataka prikupljenih primijenjenom tehnikom benchmarking-a razvijat će se i poslovna strategija na razini marketinga²⁴ i odnosa s javnošću.

Naime, gotovo sva područja poslovanja tvrtki svode se, u najopćenitijem smislu na prikupljanje i analiziranje raznih podataka s ciljem ostvarivanja profita, tj. povećanja tržišne kompetitivnosti. Pritom LCA analiza predstavlja metodu kojoj je zadaća pravovremeno osigurati tražene podatke i informacije vezane uz utjecaje planiranog zahvata na okoliš.

²³ Benchmarking je tehnika usporedbe vlastitih značajki proizvodnje na više nivoa. U prvom redu, s konkurencijom, zatim s najboljima u branši i u konačnici s najboljim uopće. Tehnika podrazumijeva pripremu, prikupljanje i kontinuirano praćenje podataka o uzorima i vlastitoj poziciji na tržištu.

²⁴ Marketing predstavlja interaktivni skup različitih aktivnosti koje se provode kako bi omogućile vezu između tvrtke i tržišta. Osim toga predstavlja jedan od najvažnijih kanala za prikupljanje informacija (npr. o cijenama, prijetnjama koje dolaze od strane konkurencije, pa čak i identificiranje novih mogućnosti koje se otvaraju za tvrtku).

9. ZAKLJUČAK

Svrha ovog rada bila je prikazati mogućnosti primjene procjene utjecaja životnog ciklusa proizvoda na okoliš (LCA analize), ali i sličnih metoda vezanih za industrijsku ekologiju i održivi razvoj.

Utjecaj životnog vijeka proizvoda na okoliš je karakteristika proizvoda koja u posljednje vrijeme postaje sve bitnija konstruktorima kada konstruiraju novi proizvod ili poboljšavaju postojeći, ali i tehnolozima, koji određuju tehnologiju kojom će se dani proizvod izrađivati. Pored mnogo drugih bitnih zahtjeva na proizvod, ekološka prihvatljivost je nešto što je postalo nužno za svaki proizvod koji misli biti konkurentan na tržištu. Stoga, korištenje LCA analize tijekom razvoja proizvoda znači dodavanje ekoloških značajki tradicionalnom postupku donošenja odluka kojim su do sada dominirali tehnološki i gospodarski problemi.

Ovim radom, kroz razradu zadanog primjera cinčanja sigurnosne ograde, prikazano je na koji način se, na osnovu rezultata LCA analize provedene pomoću računalne aplikacije SimaPro mogu izdvojiti dominantne faze životnog ciklusa proizvoda, odnosno pronaći najkritičnije točke u procesu cinčanja s pogleda štetnog utjecaja na okoliš.

Nadalje, LCA analiza prikazana je kao vrlo dobar analitički "alat" i na mnogim drugim područjima proizvodnje i poslovanja poput upravljanja troškovima proizvodnje ili pak kao pomoć pri ekološkom označavanju proizvoda "Eco-labeling" u smislu postizanja bolje tržišne pozicije.

Istaknute su brojne prednosti i nedostaci LCA metode. Jedan od najznačajnijih nedostataka svakako je kompleksnost analize (pogotovo u fazi prikupljanja i analize podataka - baze podataka) i relativno dugo vrijeme potrebno za njenu provedbu, koje često nadmašuje vrijeme potrebno za razvoj proizvoda. Upravo baze podataka su ono što čine skupim svaku računalnu aplikaciju za provođenje LCA analize iz razloga što je za njeno stvaranje potrebna suradnja stručnjaka sa velikog broja različitih područja znanosti, što ujedno njezino stvaranje čini dugotrajnim poslom.

Zaključno, može se reći da, ako je tvrdnja pisca Antoinea de Saint-Exhuperyja koji u "Malom princu" kaže: *"da životnu sredinu nismo naslijedili od roditelja, nego smo posudili od naše djece"* točna, ona samo ukazuje na činjenicu da je do sada jedini zagađivač bio čovjek, te da sada mora usmjeriti svoje aktivnosti u pravcu promjene svog odnosa prema životnoj sredini. To je dugotrajan zadatak i vezan je za promjene već prihvaćenih navika, što je i osnova koncepta održivog razvoja. Pri tome, LCA analiza predstavlja potencijalno moćan "alat" koji može pomoći u definiranju regulative vezane za zaštitu životne sredine, pomoći proizvođačima u analiziranju procesa i unapređenju proizvoda, te također i pomoći u projektiranju energetski efikasnijih objekata.

LITERATURA:

- [1] Još dalje...Dalekovod, monografija tvrtke Dalekovod za 60. obljetnicu osnivanja, Zagreb, 2009.
-
- [2] www.dalekovod.hr - Internet stranice tvrtke Dalekovod
-
- [3] Esih, I. ; Dugi, Z. : Tehnologija zaštite od korozije, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1992.
-
- [4] <http://hr.wikipedia.org> - "Wikipedia" internet enciklopedija
-
- [5] Preporuka za pravilno konstruiranje i dizajniranje proizvoda, interna skripta, Cinčaona Helena, Sveta Helena, 2010.
-
- [6] Lay, V. : Održivi razvoj i vođenje, Društveno istraživanje Zagreb, god. 16 (2007), br. 6, str. 1031-1053
-
- [7] www.dop.hr - internet stranice društveno odgovornog poslovanja u Hrvatskoj- Leksikon održivog razvoja
-
- [8] Drljača, M. : Koncept održivog razvoja i sustav upravljanja, Međunarodni skup Nedelja kvaliteta, Kvalitet i izvrsnost, Vol. 1, br. 1-2, str. 20-26 i 110, Beograd, 2012.
-
- [9] <http://www.trade.gov> - Internet stranice američkog ministarstva trgovine
-
- [10] Popović, M. : Industrijska ekologija - problemi i moguća rješenja, Osma Internacionalna konferencija o tribologiji, Beograd, 2003.
-
- [11] Rakovac, D. : Zakonski okvir ekološkog pristupa proizvodnji, Diplomski rad, FSB Zagreb, 2011
-

-
- [12] <http://www.unep.fr> - Internet stranice Programa za okoliš Ujedinjenih naroda
-
- [13] Lambaša Belak, Ž. ; Radić, T. : Upravljanje okolišem, bilješke s predavanja, Visoka škola za turistički menadžment u Šibeniku, Šibenik, 2006.
-
- [14] Marinić, R. : Ekološka valorizacija ofsetnog tiska kroz životni ciklus proizvoda, Diplomski rad, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2013.
-
- [15] Karašić, M. : Utjecaj procjene životnog ciklusa proizvoda pri projektiranju tehnološkog procesa proizvoda, Diplomski rad, FSB Zagreb, 2007.
-
- [16] Milanović, B. ; Milanković, D. : Ocjenjivanje životnog ciklusa proizvoda i procesa primjenom LCA programskih sistema GaBi 4 i SimaPro 7, Zbornik radova: TECHNO-EDUCA 2010, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
-
- [17] Wenzel, H. ; Hauschild, M. ; Alting, L. : Environmental Assessment of Product (Vol. 1) "Methodology, tools and case studies in product development", Chapman & Hall, 1997.
-
- [18] Runko Luttenberger, L. : Procjena ciklusa trajnosti proizvoda (LCA) - sistemski alat u industrijskoj ekologiji, Engineering review, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2000.
-
- [19] Introduction to LCA with SimaPro 7, user manual tvrtke *PRé Consultants*, 2010.
-
- [20] www.pre-sustainability.com - Internet stranice tvrtke *PRé Consultants*
-
- [21] <http://www.coezinc.com> - Internet stranice posvećene tematici cinčanja
-
- [22] Tehnička specifikacija za sigurnosnu ogradu stupanj povišene izdržljivosti H1, Dalekovod d.d, 2007.
-
- [23] Glumpak, I. : Utjecaj sustava za upravljanje okolišem za životni ciklus proizvoda, Diplomski rad, FSB Zagreb, 2009.
-

PRILOZI

PRILOG I - Metoda "Eco-indicator 99" [20], [23]

Prvobitna metoda "*Eco-indicator 95*" je osmišljena kao metoda za ocjenjivanje utjecaja na okoliš (treća faza procjene životnog ciklusa, LCIA), i to kao potpora za razvoj proizvoda, sa svrhom postizanja čistije proizvodnje. Ono što je rezultat ove metode naziva se eko-indikator, što je bezdimenzionalni broj (izražava se u bodovima), koji označava ukupni procjenjeni utjecaj na okoliš nekog procesa. Jedan bod je ekvivalent jedne tisućine godišnjeg opterećenja okoliša prosječnog Europljanina.

Metoda "*Eco-indicator 99*" predstavlja unapređenje starije "*Eco-indicator 95*", gdje se uzima u obzir više kategorija utjecaja na okoliš, te je ocjenjeno više procesa. Već je spomenuto da je iz samog eko-indikatora nemoguće očitati na koje se kategorije utjecaja dijeli, i u kojim omjerima. Iako se ta diferencijacija itekako uzima u obzir prilikom određivanja eko-indikatora, cilj je pojednostavniti upotrebu ove metode onome kome je namjenjena, a to su osobe zadužene za razvoj proizvoda.

METODOLOGIJA ODREĐIVANJA EKO-INDIKATORA

Da bi se izračunala vrijednost eko-indikatora, provode se sljedeći tri koraci:

1. Popisivanje svih relevantnih emisija, ekstrakcija sirovina i iskorištavanja zemljišta u svim procesima koji sačinjavaju životni ciklus proizvoda.
2. Izračunavanje svih šteta koje ti procesi uzrokuju ljudskom zdravlju, kvaliteti ekosustava i prirodnim resursima.
3. Donošenje ocjene o utjecaju na ljudsko zdravlje, kvalitetu ekosustava i prirodne resurse.

Pod 1.

Ovdje su u najvećoj mjeri korištene već postojeće baze podataka, koje su napravljene na nacionalnim razinama nekoliko europskih zemalja. Rezultat je oko 200 eko-indikatora za najčešće korištene procese.

Pod 2.

Postoje konkretni modeli proračunavanja utjecaja većine emisija štetnih tvari, ali i ostalih tokova materijala i energije, specifičnih za određeni proces.

Pod 3.

LCA analiza najčešće definira desetak ili više kategorija utjecaja na okoliš. Delegiranje tokova materijala i energije po tim kategorijama je vremenski zahtjevan i stručan posao. Stoga metoda "*Eco-indicator 99*" svodi sve na tri karakteristične kategorije: *utjecaj na ljudsko zdravlje, štetu načinjenu ekosustavu i osiromašenje prirodnih resursa*.

OPIS STANDARDNIH EKO-INDIKATORA

Osobe zadužene za razvoj proizvoda, a koje žele koristiti LCA analizu s ciljem ekološkog unaprjeđenja proizvoda, suočene su sa sljedećim problemima:

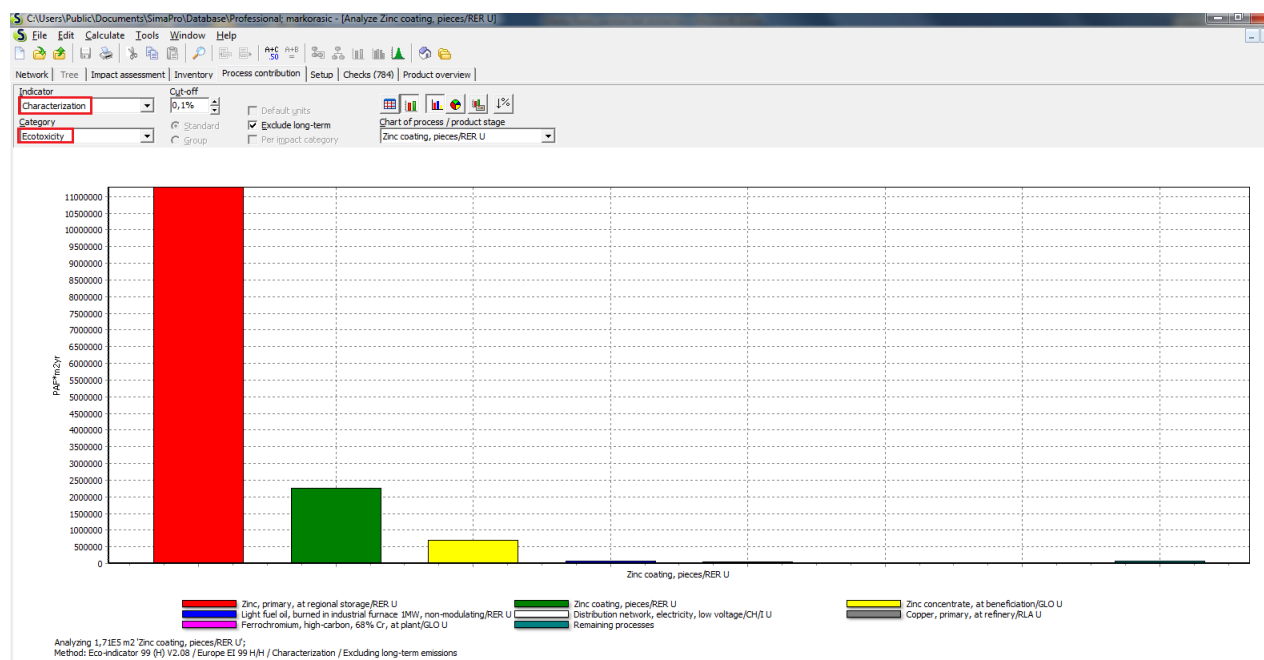
1. Prikupljanje ekološki relevantnih podataka vezanih za životni ciklus proizvoda je kompleksan i dugotrajan posao, te često nadilazi vrijeme potrebno za razvoj proizvoda.
2. Rezultate LCA analize relativno je teško interpretirati na način da se može sa sigurnošću reći da je jedna opcija bolja od druge. Najčešće se događa da je jedna opcija bolja za neke kategorije utjecaja, dok je za ostale lošija.

Vrijednosti standardnih "eko-indikatora 99" su dostupne za sljedeće skupine procesa:

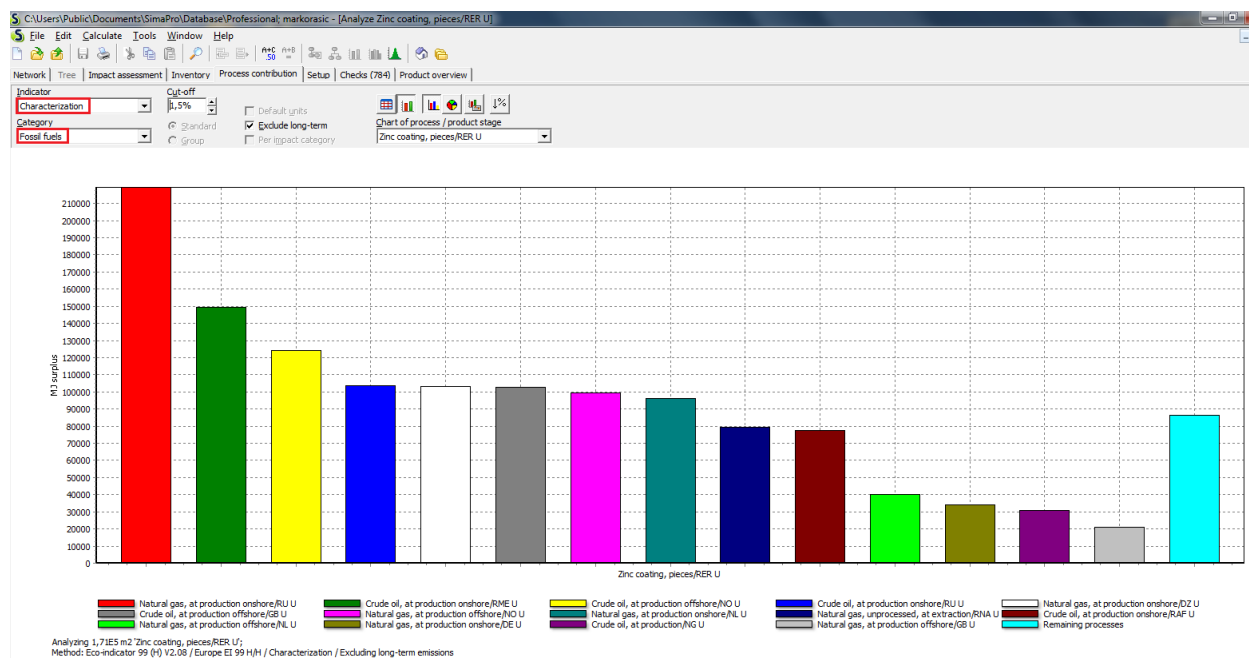
- **Proizvodnja materijala** - Indikatori se baziraju na proizvodnim procesima potrebnim za dobivanje jednog kilograma materijala. Ti procesi uključuju sve od ekstrakcije sirovine, do rezultirajućeg poluproizvoda. Za polimerne materijale to najčešće uključuje sve procese od vađenja sirove nafte, do dobivanja polimernog granulata ekstrudiranjem. U slučaju čeličnog lima, ti procesi sežu od iskopa ruda, do valjanja čelika u limene trake. Transportni procesi se uzimaju u obzir. Proizvodnja kapitalnih dobara (strojeva, građevina i sl.) potrebnih za proizvodnju materijala se ne uzimaju u obzir, jer bi u tom slučaju granice sustava bile preopsežne, što bi previše zakompliciralo analizu.
- **Proizvodni procesi** - Uključuju procese prerade i obrade materijala, u iznimnim slučajevima i montažu. Svaki proces se izražava u primjerenim jedinicama. Na primjer, eko-indikator za proces ekstrudiranja polimera se izražava u bodovima po kilogramu (Pt/kg). Ovdje se uzimaju u obzir tokovi koje uzrokuju sami procesi, kao i tokovi kod proizvodnje potrebne energije te transportnih procesa između faza unutar proizvodnog procesa. Proizvodnja kapitalnih dobara se ne uzima u obzir.
- **Transportni procesi** - Ovdje se razmatra transport između faza životnog ciklusa, npr. transport materijala između skladišta proizvođača materijala i proizvodnog pogona u kojem se materijal obrađuje. Transportni procesi izražavaju se u bodovima po toni i kilogramu (Pt/t kg). U obzir se uzimaju tokovi koji nastaju prilikom ekstrakcije i proizvodnje potrebnog goriva, kao i tokovi koji nastaju prilikom samog transporta.
- **Procesi proizvodnje energije** - Ovi procesi uključuju tokove nastale prilikom ekstrakcije i prerade goriva potrebnih za proizvodnju energije (uzimaju se porosječne vrijednosti za neko područje), kao i tokovi nastali prilikom same konverzije i distribucije energije. Eko-indikatori za ove procese se izražavaju se u bodovima po isporučenoj jedinici energije (električne, toplinske,...), npr Pt/MJ ili Pt/kWh.
- **Procesi zbrinjavanja otpada** - Zbrinjavanje otpada je podjeljeno na pet mogućih scenarija. *Scenarij kućanskog otpada, Scenarij komunalnog otpada, Scenarij spaljivanja komunalnog otpada, Scenarij odlaganja na smetlišta, Scenarij recikliranja otpada.*

PRILOG II - Faza karakterizacije na primjeru LCA analize sigurnosne ograde

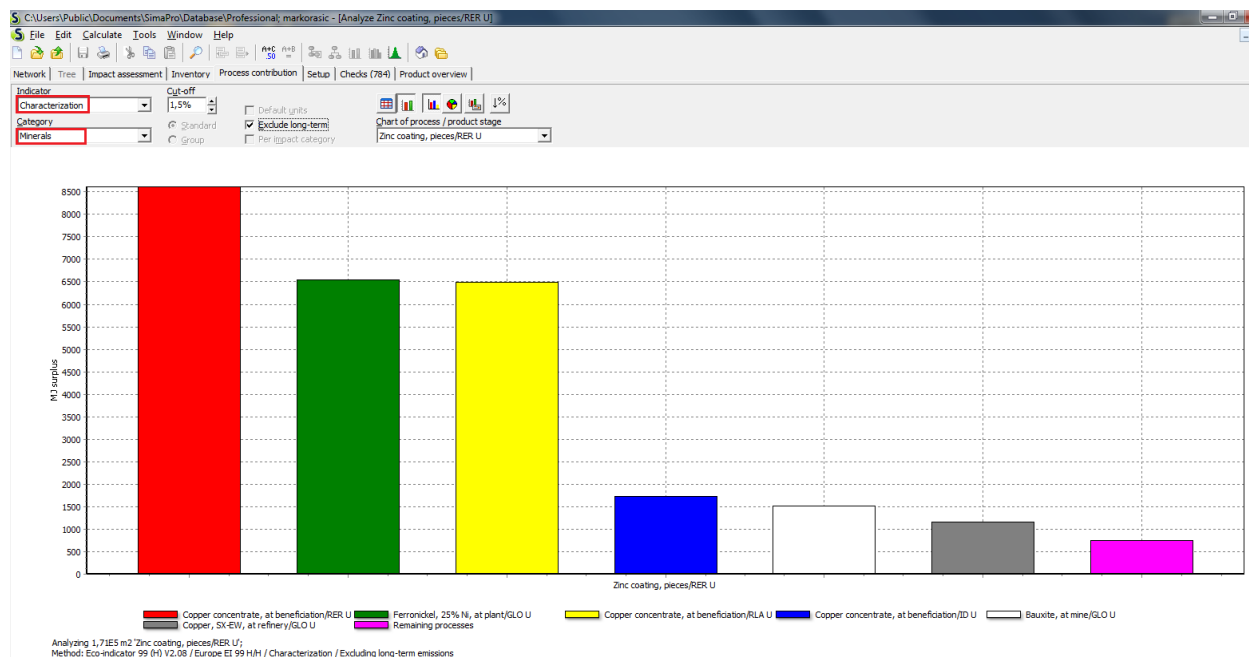
U ovom prilogu dat će se prikaz karakterizacija u svim kategorijama utjecaja na okoliš danog proizvoda koji se promatra.



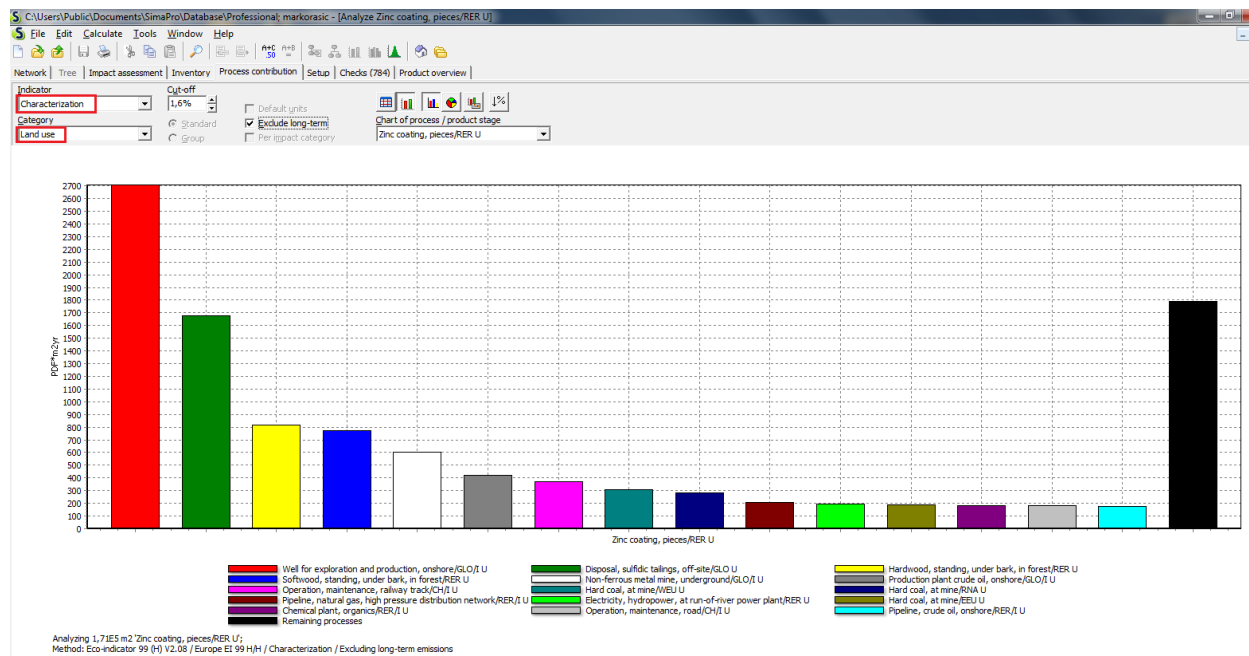
Slika PII-1 Karakterizacija u kategoriji ekotoksičnost



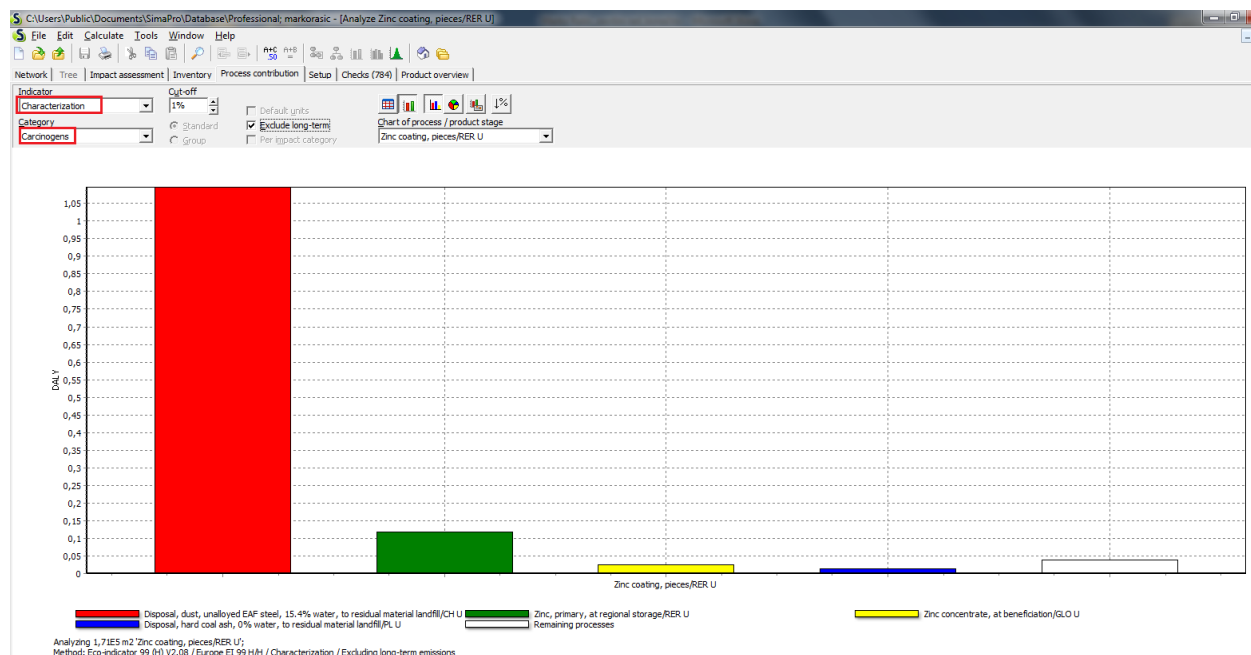
Slika PII-2 Karakterizacija u kategoriji fosilna goriva



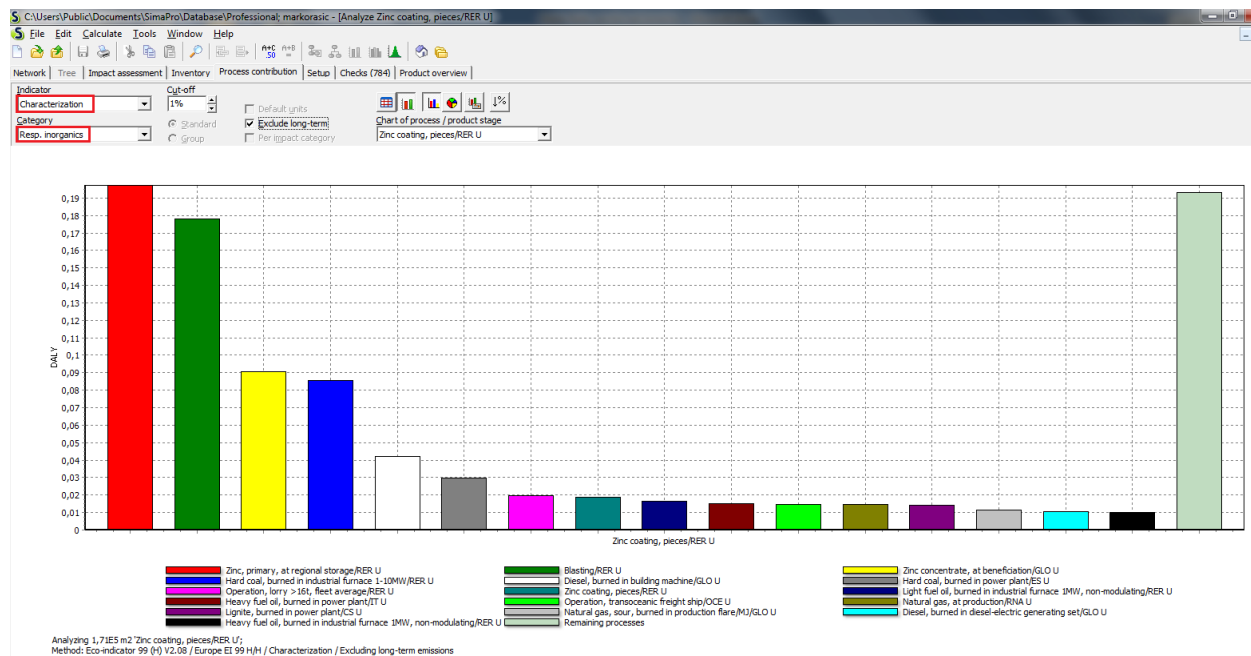
Slika PII-3 Karakterizacija u kategoriji minerali



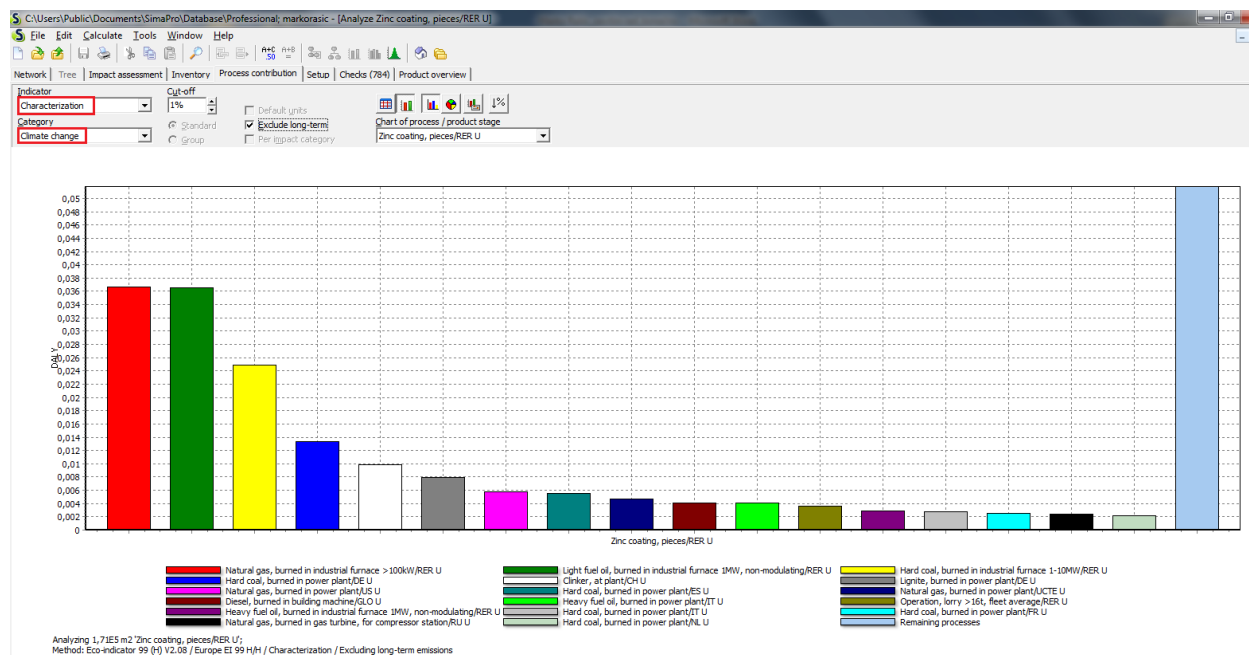
Slika PII-4 Karakterizacija u kategoriji zagađivanje tla



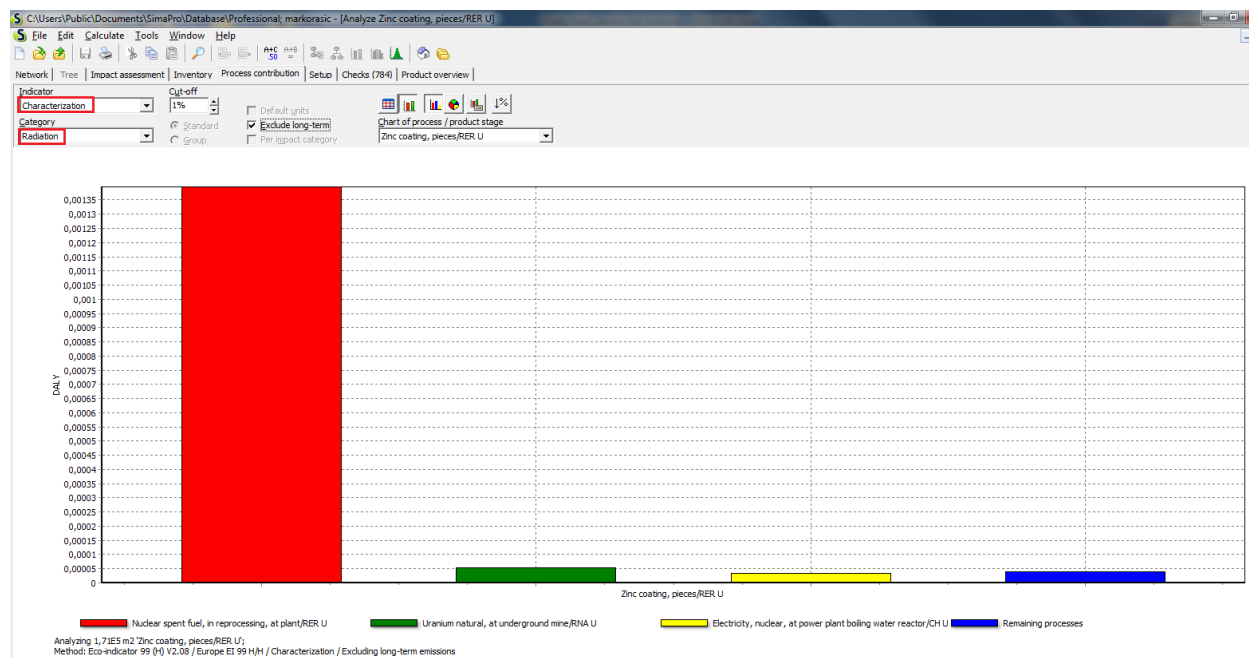
Slika PII-5 Karakterizacija u kategoriji opasni otpad (karcinogene tvari)



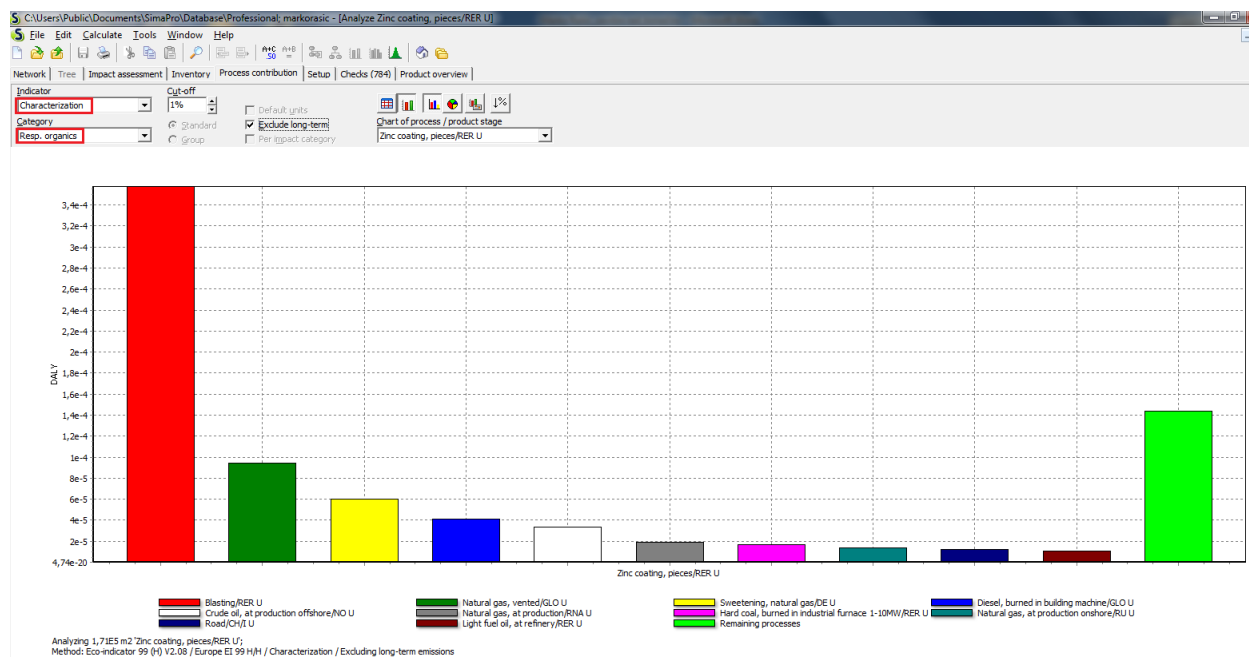
Slika PII-6 Karakterizacija u kategoriji zagađivanje zraka anorganskim tvarima



Slika PII-7 Karakterizacija u kategoriji klimatske promjene



Slika PII-8 Karakterizacija u kategoriji radioaktivnost



Slika PII-9 Karakterizacija u kategoriji zagađivanje zraka organskim tvarima